

## PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION  
(PCT Rule 61.2)

Date of mailing (day/month/year) 17 May 2001 (17.05.01)	To:  Commissioner US Department of Commerce United States Patent and Trademark Office, PCT 2011 South Clark Place Room CP2/5C24 Arlington, VA 22202 ETATS-UNIS D'AMERIQUE  in its capacity as elected Office
International application No. PCT/DE00/03066	Applicant's or agent's file reference 1999 P 08062 W0 01
International filing date (day/month/year) 05 September 2000 (05.09.00)	Priority date (day/month/year) 08 September 1999 (08.09.99)
Applicant NOE, Reinhold	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

19 February 2001 (19.02.01)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

\_\_\_\_\_

2. The election  was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  R. Forax  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

10/070603  
Translation  
SOD

## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)



Applicant's or agent's file reference <b>1999 P 08062 W0 01</b>	<b>FOR FURTHER ACTION</b>	SeeNotificationofTransmittalofInternational Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. <b>PCT/DE00/03066</b>	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) <b>05 September 2000 (05.09.00)</b>	Priority date ( <i>day/month/year</i> ) <b>08 September 1999 (08.09.99)</b>
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC <b>H04J 14/06</b>		
Applicant <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT</b>		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of \_\_\_\_\_ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I  Basis of the report
- II  Priority
- III  Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV  Lack of unity of invention
- V  Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI  Certain documents cited
- VII  Certain defects in the international application
- VIII  Certain observations on the international application

Date of submission of the demand <b>19 February 2001 (19.02.01)</b>	Date of completion of this report <b>05 September 2001 (05.09.2001)</b>
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/03066

## I. Basis of the report

## 1. With regard to the elements of the international application:\*

 the international application as originally filed the description:

pages \_\_\_\_\_ 1-34 , as originally filed

pages \_\_\_\_\_ , filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ , filed with the letter of \_\_\_\_\_

 the claims:

pages \_\_\_\_\_ 1-31 , as originally filed

pages \_\_\_\_\_ , as amended (together with any statement under Article 19)

pages \_\_\_\_\_ , filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ , filed with the letter of \_\_\_\_\_

 the drawings:

pages \_\_\_\_\_ 1/11-11/11 , as originally filed

pages \_\_\_\_\_ , filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ , filed with the letter of \_\_\_\_\_

 the sequence listing part of the description:

pages \_\_\_\_\_ , as originally filed

pages \_\_\_\_\_ , filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ , filed with the letter of \_\_\_\_\_

## 2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

 the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)). the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)). the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

## 3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

 contained in the international application in written form. filed together with the international application in computer readable form. furnished subsequently to this Authority in written form. furnished subsequently to this Authority in computer readable form. The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished. The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.4.  The amendments have resulted in the cancellation of: the description, pages \_\_\_\_\_ the claims, Nos. \_\_\_\_\_ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_5.  This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/DE 00/03066

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 31	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 31	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 31	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

1. This report makes reference to the following documents cited in the search report:

D1: Heismann F. et al.: "Automatic Polarization Demultiplexer for Polarization-Multiplexed Transmission Systems", Proceedings of the European Conference on Optical Communication (ECOC), CH, Zürich, SEV, Vol. Conf. 19, 12 September 1993 (1993-09-12).

D2: EP-A-0 564 167.

2. D1 is considered to be the prior art closest to the subject matter of Claim 1 and discloses the following features of this claim, insofar as the present claim can be understood (see Box VIII): arrangement for transmitting optical information with various polarised optical subsignals, having a controllable polarising element that emits at its output at least one of these optical subsignals.

An arrangement having the same components is also known from D2.

The subject matter of Claim 1 therefore differs from

the arrangements known from D1 and D2 in that at least one signal processing module is provided which detects an interference between these optical subsignals and derives therefrom at least one regulating signal used for controlling said controllable polarising element.

The present invention can therefore be considered to address the problem of controlling the controllable polarising element in such a way that "cross-talk" between the optical subsignals is minimised. D1 does not give any indication of the use of interference in order to control the polarising element and thus solve the problem in question. Claim 1 therefore meets the requirements of PCT Article 33(2) and (3).

3. Claim 16 is directed to a corresponding method and therefore also meets the requirements of PCT Article 33(2) and (3).
4. Claims 2-15 and 17-31, because of their appendancy, also meet the requirements of PCT Article 33(2) and (3).

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**International application No.  
PCT/DE 00/03066**VIII. Certain observations on the international application**

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1. For the following reason, Claims 1 and 16 do not meet the requirements of PCT Article 6 and are therefore unclear:

The expression "arrangement and method for transmitting optical information" gives the impression that an entire system is concerned, although the remaining features are directed only to a receiver. The claims are interpreted as being directed to a receiver.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM  
GEBIET DES PATENTWESENS**

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Postfach 22 16 34  
D-80506 München  
ALLEMAGNE

CT IPS AM Mch P/Ri

Eing. 06. Sep. 2001

GR Frist 08.01.08

*Wol/DE bei Bob Wöv*  
Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

1999 P 08062 W0 01

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr)

05.09.2001

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE00/03066

Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr)  
05/09/2000

WICHTIGE MITTEILUNG

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
08/09/1999

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amts wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.
4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung  
beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Cornudet-Henschel, V  
Tel. +49 89 2399-7371



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM  
GEBIET DES PATENTWESEN

RECD 10 SEP 2001

PCT

WIPO PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  1999 P 08062 W0 01	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen  PCT/DE00/03066	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr)  05/09/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag)  08/09/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK  H04J14/06		
Anmelder  SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.

2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I  Grundlage des Berichts
- II  Priorität
- III  Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV  Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V  Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI  Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII  Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII  Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  19/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  05.09.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Tillgren, M  Tel. Nr. +49 89 2399 7497



**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03066

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17):*  
**Beschreibung, Seiten:**

1-34                    ursprüngliche Fassung

**Patentansprüche, Nr.:**

1-31                    ursprüngliche Fassung

**Zeichnungen, Blätter:**

1/11-11/11            ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/03066

- Beschreibung, Seiten:  
 Ansprüche, Nr.:  
 Zeichnungen, Blatt:

5.  Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

**1. Feststellung**

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-31
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-31
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-31
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt**

**VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

- 1) Es wird auf die folgenden, im Recherchenbericht zitierte Dokumente verwiesen:

D1=Heismann F et al.: "Automatic Polarization demultiplexer for Polarization-Multiplexed Transmission Systems", Proceedings of the European Conference on Optical Communication (ECOC), Ch, Zürich, SEV, Bd. Conf. 19, 12. september 1993 (1993-09-12).

D2=0 564 167.

- 2) Das Dokument D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen; soweit dieser Anspruch zu verstehen ist (siehe Abschnitt VIII), offenbart dieses Dokument die folgenden Merkmale des Anspruchs: eine Anordnung für eine optische Informationsübertragung mit verschiedenen polarisierten optischen Teilsignalen, mit einem steuerbaren polarisierenden Element, das ausgangsseitig mindestens eines dieser optischen Teilsignale abgibt.

Ein Anordnung mit denselben Komponenten ist auch aus D2 bekannt.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich daher von den aus D1 und D2 bekannten Anordnungen dadurch, daß mindestens ein Signalverarbeitungsmodul vorgesehen ist, welches eine auftretende Interferenz zwischen diesen optischen Teilsignalen detektiert und daraus mindestens ein Regelsignal bildet, das zur Steuerung des genannten steuerbaren polarisierenden Elementes verwendet wird.

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, daß das steuerbare polarisierende Element so gesteuert wird, daß "cross-talk" zwischen der optischen Teilsignalen minimiert wird. Es gibt keinen Hinweis in D1 der auf die Lösung die Interferenz zu benutzen um das polarisierende Element zu steuern, hindeutet. Daher erfüllt Anspruch 1 die Erfordernisse des Artikels 33(2)&(3) PCT.

- 3) Anspruch 16 ist auf ein entsprechendes Verfahren gerichtet. Daher erfüllt auch Anspruch 16 die Erfordernisse des Artikel 33(2)&(3) PCT.
- 3) Ansprüche 2-15 und 17-31 erfüllen aufgrund ihrer Abhängigkeit ebenfalls die Erfordernisse des Artikel 33(2)&(3) PCT.

**Zu Punkt VIII**

**Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

- 1) Anspüche 1 und 16 erfüllen, aus folgendem Grund, die Erfordernisse des Artikel 6 PCT nicht und sind daher unklar:

Der Ausdruck "Anordnung bzw Verfahren für eine optische Informationsübertragung" erweckt den Eindruck, daß es sich um ein ganzes System handelt, obwohl die übrige Merkmale nur auf einen Empfänger gerichtet sind. Die Ansprüche werden so interpretiert, als ob sie auf einen Empfänger gerichtet werden.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

**PCT**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>1999 P 08062 WO 01</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/DE 00/ 03066</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>05/09/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>08/09/1999</b>
Anmelder <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2.  Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3.  Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.  
 wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

**6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 3**

wie vom Anmelder vorgeschlagen  
 weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.  
 weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

keine der Abb.

**Beschreibung**

Anordnung und Verfahren für eine optische Informationsübertragung

5

Die Erfindung betrifft eine Anordnung sowie ein dazugehöriges Verfahren für die optische Informationsübertragung nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche 1 und 16.

10 Polarisationsmultiplex, eine Anordnung sowie ein Verfahren für die optische Informationsübertragung mittels verschieden polarisierten optischen Teilsignalen, wird zur Erhöhung der Kapazität eines optischen Übertragungssystems verwendet.

Im Tagungsband der European Conference on Optical Communications 1993, Montreux, Schweiz, S. 401-404, Beitrag WeP9.3, F.

Heismann et al., „Automatic Polarization Demultiplexer for Polarization-Multiplexed Transmission Systems“ ist ein optisches Polarisationsmultiplex-Übertragungssystem beschrieben.

Ein wesentlicher Nachteil in dieser Ausgestaltung einer ist

20 die Einregelung eines empfängerseitigen Polarisationstransformators derart, daß die beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle auf die beiden Ausgänge eines nachgeschalteten Polarisationsstrahlteilers aufgeteilt werden. Dazu wird ein Korrelationssignal des wiedergewonnenen Taktes mit dem empfangenen  
25 Signal gebildet und dieses wird durch Einstellung des Polarisationstransformators maximiert.

Die Vorgehensweise gemäß dem Stand der Technik hat mehrere Nachteile:

30 Zunächst verschwindet das Korrelationsprodukt bei Vorgabe einer reinen, wechselspannungsgekoppelten Pseudozufallsfolge im zeitlichen Mittel, was die Regelung schwierig oder unmöglich macht.

35 Zur Unterscheidung der beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle mußten außerdem verschiedene Bitraten gewählt werden, was in der Praxis nicht gestattet ist. Auch mußten deutlich ver-

schiedene optische Wellenlängen gewählt werden, was ebenfalls in der Praxis unzulässig ist.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Anordnung sowie ein  
5 dazugehöriges Verfahren für die optische Informationsübertragung anzugeben, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeiden.

Diese Aufgabe wird durch eine in Anspruch 1 angegebene Anordnung sowie durch ein im Patentanspruch 16 angegebenes Verfahren gelöst.  
10

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.  
15

Die Lösung des Problems liegt darin, daß eine auftretende Interferenz der beiden optischen, verschieden polarisierten Polarisationsmultiplexsignale in einem Signalverarbeitungsmodul detektiert wird und zur Steuerung eines steuerbaren polarisierenden Elementes dient. Dazu kann diese Interferenz sendeseitig konditioniert, d.h. randomisiert werden. Entsprechende spektrale Teilsignale werden durch Polarisationsregler minimiert, so daß Nebensprechen bei Polarisationsmultiplex minimiert und gleichzeitig die Nutzsignale wenigstens näherungsweise maximiert werden. Alle genannten Nachteile des Standes der Technik werden dabei vermieden.  
20  
25

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird das Polarisationsmultiplexsignal sendeseitig aus einem Lasersignal erzeugt, welches zunächst auf zwei Signalzweige aufgeteilt wird und dort jeweils getrennt intensitätsmoduliert wird. Diese Signalzweige werden anschließend in einem Polarisationsstrahlteiler mit orthogonalen Polarisationen zusammengeführt. Gleichzeitig wird die Frequenz des Lasers moduliert. Durch  
30  
35 eine Laufzeitdifferenz dieser Zweige führt die Frequenzmodulation zu einer differentiellen Phasenmodulation zwischen den Multiplexsignalen.

Empfängerseite wird das Signal mit einem Koppler auf zwei Empfängerzweige aufgeteilt. In jedem Empfängerzweig folgt eine eingangsseitige Polarisationsregelung, ein Polarisator zur Unterdrückung des jeweils unerwünschten Polarisationsmultiplexkanals und ein konventioneller Photoempfänger mit je einer Photodiode und schließlich den Photodioden nachgeschalteten elektrischen Datensignalregeneratoren. Mittels je eines Filters werden spektrale Teilsignale detektiert. Diese verschwinden nur dann, wenn eines der Multiplexsignale vom Polarisator vollständig unterdrückt wird. Dadurch ergibt sich ein einfaches und gleichzeitig hochwirksames Regelkriterium zur Einstellung des jeweiligen Polarisationstransformators.

In diesem Fall empfängt und regeneriert jeder der Regeneratoren nur einen Polarisationsmultiplex-Kanal, was der gewünschten empfängerseitigen Trennung der Signale entspricht.

In einer Weiterbildung wird vor Erreichen des Filters vorzugsweise mit der zeitlichen Ableitung des wiedergewonnenen Datensignals des jeweils anderen Kanals korreliert. Auf diese Weise gewinnt man ein hochgenaues Regelkriterium zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

25 Es zeigen

Figur 1 einen Polarisationsmultiplex-Sender mit nur einem Laser,

Figur 2 einen Polarisationsmultiplex-Sender mit zwei Lasern,

30 Figur 3 einen erfindungsgemäßen Empfänger,

Figur 4 einen Separator/Detektor,

Figur 5 eine Variante eines Teils der Figur 3,

Figur 6 ein Vektordiagramm linearer Polarisationszustände,

Figur 7 eine Ausführungsvariante eines Separators/Detektors,

35 Figur 8 eine Ausführungsvariante einer Filtereinheit,

Figur 9 eine weitere Ausführungsvariante einer Filtereinheit,

Figur 10 einen weiteren erfindungsgemäßen Empfänger,

- Figur 11 eine Variante eines Teils der Figur 10,  
Figur 12 ein korrelierendes Element,  
Figur 13 eine vorteilhafte Ausgestaltung des korrelierenden  
Elements,  
5 Figur 14 ein weiteres korrelierendes Element.

In einer Sendeanordnung gemäß **Figur 1** wird das Ausgangssignal eines Sendelasers LA durch einen sendeseitigen Leistungsteiler PMC mit etwa gleichen Leistungen auf zwei Lichtwellenleiter aufgeteilt. Ggf. notwendige optische und/oder elektrische Verstärker sind hier und in den folgenden Figuren der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Der sendeseitige Leistungsteiler PMC kann z.B. ein polarisationserhaltender Faserkoppler sein. Die so gewonnenen Signale werden durch je einen Modulator M01, M02 geleitet, welcher bevorzugt als Intensitätsmodulator, oder aber z.B. als Phasenmodulator ausgebildet ist und wo sendeseitige Modulationssignale SDD1 bzw. SDD2 aufgeprägt und so optische Teilsignale OS1, OS2 geschaffen werden. Diese sind moduliert. OS1 ist ein erstes und OS2 ist ein zweites optisches Teilsignal. Diese werden durch einen sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS mit vorzugsweise orthogonalen Polarisationen kombiniert. Statt des sendeseitigen Polarisationsstrahlteilers PBSS kann auch ein einfacher optischer Richtkoppler verwendet werden.

Für die Verbindungen zwischen den Modulatoren M01, M02 und dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS können z.B. ebenfalls polarisationserhaltende Lichtwellenleiter vorgesehen werden, von denen einer um  $90^\circ$  toradiert ist. Alternativ dazu kann in einer dieser Verbindungen ein Modenwandler vorgesehen werden.

Um eine gewünschte Kohärenz der optischen Teilsignale OS1, OS2 nach der Kombinierung zu erzielen, ist eine differentielle Phasenmodulation DPM zwischen diesen beiden optischen Teilsignalen OS1, OS2 vorhanden, welche von einem phasendifferenzmodulierenden Mittel erzeugt wird. Erste phasendifferenzmodulierende Mittel PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, die alternativ oder additiv eingesetzt werden können, sind Winkelmodu-

latoren PHMO1, PHMO2 eines der optischen Signale OS1, OS2 oder differentielle Winkelmodulatoren PHMO12, PHMO21. Differentiell bedeutet dabei, daß die Winkelmodulation zwischen den im Idealfall orthogonal zueinander polarisierten optischen Teilsignalen OS1, OS2 wirksam ist. Im Fall einer dabei erzeugten Frequenzverschiebung ist im Ausgangslichtwellenleiter eine Frequenzdifferenz FD vorhanden. Frequenzverschieber, auch differentielle, die sich zur Realisierung dieser ersten phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM1, PDM2, PDM12, PDM21 eignen, können insbesondere akustooptisch oder elektrooptisch arbeiten, im Fall der nicht gleichzeitig einer Leistungsteilung dienenden phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM1, PDM2, PDM12 vorzugsweise mit voller Modenkonversion. Auch ein sendeseitiger Leistungsteiler PMC kann als phasendifferenzmodulierendes Mittel PDM21 dienen, beispielsweise bei Realisierung durch einen als Frequenzverschieber arbeitenden akustooptischen Modenkonverter mit hälftiger Leistungskonversion, der von einem Polarisationsstrahlteiler gefolgt wird.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel eines Polarisationsmultiplex-Senders wird der Sendelaser LA mit einem optischen Frequenzmodulationssignal FMS beaufschlagt, das aus einem weiteren phasendifferenzmodulierenden Mittel PDM0 bereitgestellt wird. Beispielsweise wirkt sich eine sinusförmige optische Frequenzmodulation FM mit einem Hub von einigen 100 MHz kaum auf die Sendebandbreite eines 10Gb/s-Senders aus.

Durch einen von Null verschiedenen gewählten Laufzeitdifferenzbetrag  $|DT1-DT2|$  zwischen den optischen Laufzeiten DT1, DT2 der durch die Modulatoren MO1, MO2 laufenden optischen Teilsignale OS1, OS2 zwischen sendeseitigem Leistungsteiler PMC und sendeseitigem Polarisationsstrahlteiler PBSS wird die Frequenzmodulation in die gewünschte differentielle Phasenmodulation DPM der optischen Teilsignale OS1, OS2 hinter dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS umgewandelt. Sie besitzt ein Spektrum, welches von dem der optischen Frequenzmodulation FM abhängt.

Im einfachsten Fall kann man sogar auf die externe optische Frequenzmodulation FM verzichten und stattdessen die natürliche

chen Frequenzschwankungen des Sendelasers LA, seine Linienbreite, ausnutzen. Auch diese Frequenzschwankungen führen über den Laufzeitdifferenzbetrag  $|DT_1 - DT_2|$  zwischen den optischen Laufzeiten DT<sub>1</sub>, DT<sub>2</sub> zu differentieller Phasenmodulation

5 DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub>.

Desweiteren ist eine differentielle Phasenmodulation DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS<sub>1</sub> und OS<sub>2</sub> auch dann vorhanden, wenn - alternativ zu Figur 1 - eine Sendeanordnung gemäß **Figur 2** mit zwei optischen Sendern TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> verwendet

10 wird. Die optischen Sender TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> senden die orthogonal polarisierten optischen Teilsignale OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub> aus, die in einem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS kombiniert werden. In diesem Fall wirken die optischen Sender TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> im Zusammenspiel mit dem sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler

15 PBSS als weitere phasendifferenzmodulierende Mittel PDML. Die dadurch entstehende differentielle Phasenmodulation DPM addiert sich zu einem statischen Differenzphasenwinkel EPS, welcher zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen den optischen Teilsignalen auftritt. Die optischen Sender TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> werden

20 mit sendeseitigen Modulationssignalen SDD<sub>1</sub> für den optischen Sender TX<sub>1</sub>, und SDD<sub>2</sub> für den optischen Sender TX<sub>2</sub> moduliert.

Ziel der Sendeanordnungen gemäß Figur 1 und Figur 2 ist jeweils die Randomisierung des Interferenzphasenwinkels; d.h.

25 beispielsweise können im Fall vorhandener Frequenzdifferenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub> die cos- und die sin-Funktion der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen den optischen Teilsignalen OS<sub>1</sub> und OS<sub>2</sub> jeweils den Mittelwert Null besitzen, so daß wie später beschrieben gewonnene eingangsseitige Regelsignale L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub> unabhängig vom statischen Differenzphasenwinkel EPS sind.

Figur 2 zeigt auch einen prinzipiellen Aufbau eines Übertragungssystems mit Polarisationsmultiplex. Nach Zusammenführen 35 der optischen Teilsignale OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub> durch den sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS können die Signale anschließend über einen Lichtwellenleiter LWL zu einem Empfänger RX

mit einem Eingang EI übertragen werden. Da der Lichtwellenleiter LWL i.a. nicht polarisationserhaltend ist, ergibt sich die Schwierigkeit, die beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 wieder zu trennen.

5

Gemäß **Figur 3** besteht der Empfänger RX beispielsweise aus einem Separator/Detektor SD und nachgeschalteter Empfänger-elektronik.

- 10 Ein Separator/Detektor SD für Polarisationsmultiplex ist in **Figur 4** gezeichnet. Die empfangenen optischen Teilsignale werden vom Eingang EI aus einem steuerbaren polarisierenden Element SUB zugeleitet. Dieses enthält einen vorzugsweise als endlos ausgebildeten steuerbaren Polarisationstransformator  
15 PT, welcher zumindest ein erstes ausgangsseitiges Regelsignal ST1, vorzugsweise auch ein zweites ausgangsseitiges Regelsignal ST2 empfängt. Sowohl das erste ausgangsseitige Regelsignal ST1 als auch das zweite ausgangsseitige Regelsignal ST2 können aus einem oder mehreren Signalen bestehen. Am Ausgang  
20 des Polarisationstransformators PT ist ein festes polarisierendes Element EPBS angebracht. Dieses kann als Polarisationsstrahlteiler ausgebildet sein, welcher erste und zweite  
Signalanteile OUT1, OUT2 an seinen Ausgängen zur Verfügung stellt. Die Signalanteile OUT1, OUT2 sollen im Idealfall die  
25 orthogonal polarisierten optischen Teilsignale OS1 bzw. OS2 sein; sie sind dies jedoch nur bei geeigneter Einstellung des steuerbaren Polarisationstransformators PT. Dieser enthält einen ersten eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformator PMDC, genannt  
30 PMD-Kompensator, der von zu seiner Steuerung ausgebildeten ausgangsseitigen Regelsignalen STW1, STW2 gesteuert wird, und einen ihm in Ausbreitungsrichtung der optischen Signale OS1, OS2 nachfolgenden ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT, der von den zu seiner Steuerung ausgebildeten ausgebildeten Regelsignalen ST1, ST2 gesteuert wird. Wenn der steuerbare  
35 Polarisationstransformator PT dagegen nicht optimal eingestellt sind, ergibt sich Nebensprechen durch das jeweils

unerwünschte optische Teilsignal OS2 bzw. OS1. Erfinderischer Gedanke ist es, die in diesem Fall auftretende Interferenz INT1 bzw. INT2 der beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 zu detektieren. In diesen Signalanteilen OUT1 bzw. OUT2 tritt 5 diese Interferenz INT1 bzw. INT2 auf, hier vermittelt durch die optische Feldstärke oder die optische Leistung.  
Die Signalanteile OUT1 bzw. OUT2 werden in Photodetektoren PD11 bzw. PD21 detektiert, welche ein erstes detektiertes Signal ED1 bzw. ein zweites detektiertes Signal ED2 erzeugen.  
10 Diese enthalten wiederum die Interferenz INT1 bzw. INT2, hier aber vermittelt durch die Photoströme der Photodetektoren PD11 bzw. PD21.

Der eingangsseitige Polarisationstransformator PMDC, also der 15 PMD-Kompensator PMDC, kann z.B. wie in den deutschen Patenanmeldungen 19841755.1 und 19830990.2 beschrieben ausgeführt werden. Ebenfalls von Interesse ist eine Ausführung mit einem wenigstens näherungsweise frequenzunabhängigen steuerbaren 20 Polarisationstransformator, welcher von einem stark frequenz-abhängigen, festen Polarisationstransformator gefolgt wird, der beispielsweise nur Polarisationsmodendispersion erster Ordnung aufweist. Letzterer kann aus einem Stück polarisationserhaltender Faser mit einer differentiellen Gruppenlaufzeit zwischen zwei Moden bestehen. Solche Anordnungen sind 25 aus IEEE J. Lightwave Technology, 17(1999)9, S. 1602-1616 und den dort zitierten Literaturstellen bekannt. Das steuerbare polarisierende Element SUB oder Teile davon, insbesondere der steuerbare Polarisationstransformator PT, können auf einem Substrat, welches beispielsweise aus Lithiumniobat besteht, 30 integriert sein. Statt des integrierten Aufbaus könnten beispielsweise auch der eingangsseitige Polarisationstransformator PMDC weggelassen und der ausgangsseitige Polarisationstransformator SPT und das feste, als Polarisationsstrahlteiler ausgebildete polarisierende Element EPBS wie im Tagungsband 35 der European Conference on Optical Communications 1993, Montreux, Schweiz, S. 401-404, Beitrag WeP9.3 beschrieben aufgebaut werden. Auch Ausführungsformen gemäß den in den deut-

schen Patentanmeldungen 19858148.3, 19919576.5 beschriebenen Gegenständen sind möglich.

Die detektierten Signale ED1, ED2 werden vorzugsweise wie in  
5 Figur 3 gezeigt Digitalempfängern D1, D2 zugeleitet. Diese können Entscheider und Taktrückgewinnungseinheiten beinhalten und geben Datenausgangssignale DD1, DD2 aus, welche im Idealfall logisch identisch sind mit den sendeseitigen Modulationssignalen SDD1 bzw. SDD2.

10

Die detektierten Signale ED1, ED2 werden einem Signalverarbeitungsmodul DR zugeleitet. Prinzipiell können stattdessen auch direkt die das steuerbare polarisierende Element SUB verlassenden Signalanteile OUT1, OUT2 diesem Signalverarbeitungsmodul DR zugeleitet werden; es ist dann für die Verarbeitung dieser Signalanteile OUT1, OUT2 auszulegen und die Photodetektoren PD11, PD21 entfallen.

Dieses Signalverarbeitungsmodul DR detektiert auftretende Interferenz INT1, INT2 zwischen den optischen Teilsignalen OS1,  
20 OS2 und kann auch Regler RG1, RG2 enthalten. Im Signalverarbeitungsmodul DR werden zu diesem Zweck als detektierte Signal ED1, ED2 ausgebildete verarbeitbare Signale EDV1, EDV2 verarbeitet. Es gibt ein ausgangsseitiges Regelsignal ST1, ST2 ab, das den ausgangsseitigen Polarisationstransformator  
25 SPT1, SPT2 ansteuert. Diese verarbeitbaren Signale EDV1, EDV2 werden dazu Filtern LED1 bzw. LED2 zugeleitet. Um den Aufwand gering zu halten, kann man z.B. den Strom an derjenigen Elektrode einer Photodiode messen, an der das Datensignal nicht abgenommen wird. Das bringt den Vorteil mit sich, daß  
30 die Datensignale nicht verfälscht werden, und daß durch die an der anderen Elektrode der Photodiode vorhandene kapazitive Abblockung gegen Masse bereits wenigstens teilweise die gewünschte Filterung vorgenommen wird. Detektierte Signale ED1, ED2 bestehen in diesem Fall jeweils aus einem breitbandigen  
35 Datensignal auf einer und einem niederfrequenten Signal auf einer anderen Leitung. Ersteres wird in Digitalempfänger D1 bzw. D2 weiterverarbeitet, letzteres Filter LED1 bzw. LED2

zugeführt. Alternativ dazu können das breitbandige Datensignal auf einer und das niederfrequente Datensignal auf einer anderen Leitung jeweils zwei verschiedenen Photodioden entstammen, welche zusammen mit jeweils einem vorgeschalteten  
5 weiteren optischen Leistungsteiler den Photodetektor PD11 bzw. PD21 bilden.

Filter LED1, LED2 sind bevorzugt als im Vergleich zur Symbolrate niederfrequente Bandpaßfilter ausgelegt und selektieren dadurch spektrale Teilsignale FIO1, FIO2, in deren Frequenzbereichen durch die spezielle Ausprägung der Sendevorrichtung gemäß Figuren 1 oder 2 im steuerbaren polarisierenden Element SUB Interferenzen INT1, INT2 zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 auftreten. Im Fall einer optischen Frequenzmodulation FM ist dies jeweils die Modulationsfrequenz  
15 MO - i.a. nicht identisch mit dem Frequenzmodulationshub - von beispielsweise 1 MHz, aber auch andere Modulationsfrequenzen im Bereich von ca. 0,1 Hz bis 1 GHz sind zumindest prinzipiell geeignet. Es können auch Vielfache  $n^*MO$  der Modulationsfrequenz mit ganzzahligem  $n$  alleine oder zusammen  
20 mit ihr ausgewertet werden. Die Filter LED1, LED2 werden bevorzugt als Bandpaßfilter ausgelegt. Die Auslegung als Tiefpaßfilter mit Durchleitung des Gleichanteils ist ebenfalls möglich. Bei aperiodischem Frequenzmodulationssignal FMS oder einer durch die Liniendichten der optischen Sender TX1, TX2  
25 stark schwankenden Frequenzdifferenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2 lassen die Filter LED1, LED2 bevorzugt das spektrale Maximum der Interferenzen INT1, INT2 in den detektierten Signalen ED1, ED2 passieren.

30 Die selektierten spektralen Teilsignale FIO1, FIO2 an den Ausgängen der Filter LED1, LED2 werden Detektoren DET1 bzw. DET2 zugeleitet, welche ggf. nach Tiefpaßfilterung in Tiefpaßfiltern LPF1, LPF2 eingangsseitige Regelsignale L1, L2 erzeugen. Diese Detektoren DET1, DET2 können als Effektivwert-  
35 oder Leistungsdetektoren ausgebildet sein. Bei Leistungsdetektoren wird definitionsgemäß das Moment zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 des entsprechenden spektralen Teilsignals FIO1,

FIO2 ausgewertet. Das eingangsseitige Regelsignal L1, L2 ist dann eine als linear ausgebildete Funktion F dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2. Bei Effektivwertdetektoren ist das eingangsseitige Regelsignal L1, L2 eine als Wurzelfunktion ausgebildete Funktion F dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 dieses spektralen Teilsignals FIO1, FIO2. Ggf. können auch Spitzenwertdetektoren und ähnliche Einrichtungen verwendet werden, insbesondere, wenn ein im wesentlichen monofrequentes spektrales Teilsignal FIO1, FIO2 vorliegt, dessen Spitzenwert eine auch hier wenigstens näherungsweise als Wurzelfunktion ausgebildete Funktion F der Leistung, also dieses Moments zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2 dieses spektralen Teilsignals FIO1, FIO2 ist. Die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2 werden Reglern RG1, RG2 zugeleitet, deren Ausgangssignale als ausgangsseitige Regelsignale ST1, ST2 zur Ansteuerung des steuerbaren polarisierenden Elements SUB im Separator/Detektor SD dienen, hier des in diesem enthaltenen Polarisationstransformators PT. Die Regler RG1, RG2 sind so ausgelegt, daß die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2 minimale Beträge annehmen, d.h., minimale Interferenzen INT1, INT2 zwischen optischen Teilsignalen OS1 und OS2 anzeigen. Damit ist optimale Empfängerfunktion gewährleistet.

Das erfindungsgemäße, bereits beschriebene Signalverarbeitungsmodul DR des Empfängers RX in Figur 3 kann durch eine in **Figur 5** gezeigte weitere Variante der Erfindung ausgeführt werden. Dies ist möglich in Fällen, in denen ein Separator/Detektor SD mit einem steuerbaren polarisierenden Element SUB vorhanden ist, welches ausgangsseitig Signalanteile OUT1, OUT2 abgibt, die wenigstens näherungsweise orthogonalen Anteilen der ihm zugeleiteten Teilsignale OS1, OS2 entsprechen, also beispielsweise einen steuerbaren Polarisationstransformator PT gefolgt von einem Polarisationsstrahlteiler als festes polarisierendes Element EPBS aufweist, wie in Figur 4 dargestellt. Da die Interferenzen INT1, INT2 und - bei Wahl gleicher Frequenzbänder - auch die spektralen Teilsignale FIO1, FIO2 dann in beiden Empfängerzweigen stets entgegen-

setzt sind - gleiche elektrische Signalpolaritäten der Empfängerzweige vorausgesetzt -, wird in Figur 5 für solche Fälle in einem ersten Subtrahierer SUBED12 die Differenz zwischen erstem und zweitem als erstes bzw. zweites detektiertes  
5 Signal ED1, ED2 ausgebildeten verarbeitbaren Signalen EDV1, EDV2 als weiteres detektiertes Signal ED1-ED2 und gleichzeitig als weiteres verarbeitbares Signal EDV12 verarbeitet. Es wird einem wie Filter LED1, LED2 aufgebautem Filter LED12 zugeführt, welches ein weiteres spektrales Teilsignal FIO12  
10 passieren läßt. Dieses wird einem wie Detektoren DET1, DET2 aufgebauten Detektor DET12 zugeleitet, welcher daraus ein weiteres eingangsseitiges Regelsignal L12 erzeugt, das z.B. gleich dem Moment zweiter Ordnung SOMD12 diese weiteren spektralen Teilsignals FIO12 ist. Es kann ein wie Tiefpaßfilter LPF1, LPF2 aufgebautes Tiefpaßfilter LPF12 folgen. Ein  
15 Regler RG erzeugt ausgangsseitige Regelsignale ST1 und ggf. ST2. Er ist so ausgelegt, daß das ihm zugeführte eingangsseitige Regelsignal L12 minimiert wird und damit auch die Interferenzen INT1, INT2. Prinzipiell wäre zur Bereitstellung des  
20 Eingangssignals des einzigen Detektors DET12 ein einziges weiteres Filter LED12 ausreichend; da breitbandige Subtrahierer SUBED12 jedoch aufwendig sind, ist es i.d.R. günstiger, an den Eingängen eines entsprechend schmalbandigeren ersten Subtrahierers SUBED12 zunächst Filter LED1 bzw. LED2 vorzusehen und ggf. an dessen Ausgängen trotzdem ein weiteres Filter LED12, welches kaskadiert mit Filter LED1 bzw. LED2 die gewünschte spektrale Formung der Differenz der detektierten Signale ED1, ED2 ergibt.  
25  
30 Die Regler RG1, RG2, RG in den Figuren 3 und 5 arbeiten bevorzugt nach einem Lock-In-Verfahren und besitzen vorzugsweise Integral- oder Proportional-Integral-Regelglieder. Die Regler RG1, RG2, RG können ggf. auch weggelassen werden, so daß ein eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 gleichzeitig  
35 als ausgangsseitiges Regelsignal ST1, ST2 dient.

Sowohl die eingangsseitigen Regelsignale L1, L2, L12 als auch die ausgangsseitigen Regelsignale ST1, ST2 der Regler RG1, RG2, RG sind Regelsignale L1, L2, L12, ST1, ST2.

Falls die optische Frequenzmodulation FM durch - vorzugsweise  
5 sinusförmige - Direktmodulation eines Halbleiterlasers er-  
zeugt wird, besitzen die optischen Teilsignale OS1, OS2 neben  
der gewünschten, durch optische Frequenzmodulation FM erzeug-  
ten differentiellen Phasenmodulation DPM, die einen Hub ETA  
besitze, welcher im folgenden als Spitzenthal in Radian ver-  
10 standen wird, auch eine unerwünschte Amplitudenmodulation.

Diese ist von den empfängerseitig ausgewählten Polarisations-  
zuständen unabhängig und erschwert daher das Einstellen der  
Polarisationen in steuerbaren polarisierenden Elementen SUB,  
SUB1, SUB2, insbesondere der steuerbaren Polarisationstrans-  
15 formatoren PT, PT1, PT2. In solchen Fällen kann es günstig  
sein, Vielfache  $n^*OM$ , beispielsweise  $n = 2, 3, 4, \dots$ , der  
Modulationsfrequenz OM auszuwerten.

Zumindest bei sinusförmiger Frequenzmodulation FM sind die  
20 Amplituden empfängerseitig detekterter gerader ( $n = 0, 2, 4,$   
 $\dots$ ) und ungerader ( $n = 1, 3, 5, \dots$ ) Vielfacher  $n^*OM$  der Mo-  
dulationsfrequenz OM proportional zu  $\cos$  bzw.  $\sin$  eines sta-  
tischen Differenzphasenwinkels EPS, der empfindlich vom Lauf-  
zeitdifferenzbetrag  $|DT1-DT2|$  zwischen den optischen Laufzei-  
25 ten DT1, DT2 abhängt.

Erfnungsgemäß ist es aber möglich, mindestens ein gerades  
und gleichzeitig mindestens ein ungerades Vielfaches der Mo-  
dulationsfrequenz OM auszuwerten. Bei geeigneter Auslegung  
30 des oder der Filter LED1, LED2, LED12 ist die jeweilige Fil-  
terausgangsleistung als Moment zweiter Ordnung SOMD1, SOMD2,  
SOMD12 und ist/sind daher auch die eingangsseitigen Regelsig-  
nale L1, L2, L12 proportional zu  $\cos^2(EPS) + \sin^2(EPS) = 1$ ,  
also unabhängig vom statischen Differenzphasenwinkel EPS.  
35 Es sei  $LOM_n$  ein Leistungsübertragungsfaktor bei dem Vielfa-  
chen  $n^*OM$ . In einem ersten solchen Beispiel werden Modulati-  
onsfrequenz OM, entsprechend Bessellinie J<sub>n</sub>, wobei J<sub>n</sub> mit

ganzzahligem  $n$  eine Besselfunktion erster Gattung,  $n$ -ter Ordnung sei, und doppelte Modulationsfrequenz  $2*OM$ , entsprechend Besselllinie  $J_2$ , durch Filter LED1, LED2, LED12 geführt, und die Detektoren DET1, DET2, DET12 sind Leistungsdetektoren oder Effektivwertdetektoren. Es wird  $LOM1 \cdot J_1(\text{ETA})^2 = LOM2 \cdot J_2(\text{ETA})^2$  eingestellt, was z.B. durch  $|J_1(\text{ETA})| = |J_2(\text{ETA})|$  mittels  $\text{ETA} = 2,63$  sowie  $LOM1=LOM2$  wenigstens näherungsweise erreicht wird.

Die dieser Auslegung zugrundeliegende weitere Ausgestaltung des erfinderischen Prinzips ist, daß die detektierte - oder im Fall frequenzunabhängiger Detektion bereits die detektierbare - erste Leistung PEVEN bzw. zweite Leistung PODD, welche man durch Detektion nur geradzahliger bzw. nur ungeradzahliger Vielfacher der Modulationsfrequenz OM im eingangsseitigen Regelsignal  $L_1, L_2, L_{12}$  mißt, eine vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängige Summe PEVEN+PODD besitzen. Sie besitzen dann auch dieselben Erwartungswerte.

Es folgen weitere Ausführungsbeispiele entsprechend diesem Prinzip:

Es ist möglich, daß der Modulationshub ETA im Laufe der Zeit Schwankungen unterworfen ist, z.B. durch Laseralterung. Um die Detektion dennoch in erster Näherung unabhängig von Differenzphasenwinkel EPS halten zu können, dürfen die eingangsseitigen Regelsignale  $L_1, L_2, L_{12}$  in erster Näherung nicht vom Modulationshub ETA abhängen. Dies erzielt man beispielsweise durch Filter LED1, LED2, LED12, welche als Bandpaßfilter ausgebildet sind und jeweils die Modulationsfrequenz OM, ihr Doppeltes  $2*OM$  und ihr Dreifaches  $3*OM$  passieren lassen. Die dabei erforderlichen Werte der Leistungsübertragungsfaktoren sind wenigstens näherungsweise  $LOM1=0,72852*LOM2$  und  $LOM3=1,6036*LOM2$ , und es wird wenigstens näherungsweise  $\text{ETA}=3.0542$  gewählt.

35

Wie oben erwähnt, kann die Detektion bei der einfachen Modulationsfrequenz OM Probleme bringen, so daß es günstiger sein

kann, stattdessen bei  $2^*\text{OM}$ ,  $3^*\text{OM}$ ,  $4^*\text{OM}$  zu detektieren. Die dabei erforderlichen Werte der Leistungsübertragungsfunktionen sind wenigstens näherungsweise  $\text{LOM}2=0,64066^*\text{LOM}3$  und  $\text{LOM}4=1,3205^*\text{LOM}3$ , und es wird wenigstens näherungsweise

5       $\text{ETA}=4,2011$  gewählt. Die nicht genannten Leistungsübertragungsfaktoren, im jetzigen Beispiel also  $\text{LOM}0$ ,  $\text{LOM}1$ ,  $\text{LOM}5$ ,  $\text{LOM}6$ ,  $\text{LOM}7$ , ... für Frequenzen  $0$ ,  $\text{OM}$ ,  $5^*\text{OM}$ ,  $6^*\text{OM}$ ,  $7^*\text{OM}$ , ..., seien jeweils wenigstens näherungsweise gleich Null.

Falls neben der optischen Frequenzmodulation FM auch eine

10     Amplitudenmodulation auftritt, können sich die erforderlichen Leistungsübertragungsfaktoren  $\text{LOM}n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) von den oben genannten Werten unterscheiden, und zwar desto mehr, je größer die Amplitudenmodulation ist.

15     Der Entwurf solcher Bandpaßfilter kann schwierig sein. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können mehrere oder einzelne, bevorzugt als Bandpaßfilter ausgebildete Filter  $\text{LEDOM}n$  für Frequenzen  $n^*\text{OM}$  vorgesehen werden, da diese Signale bei den Frequenzen  $n^*\text{OM}$  mathematisch orthogonal sind, so daß

20     sich ihre Einzelleistungen direkt addieren lassen, ohne Kreuzleistungsterme. Diese Filter  $\text{LEDOM}n$  besitzen jeweils einen angeschlossenen, bevorzugt als Leistungsmesser ausgebildeten Detektor  $\text{DETOM}n$ . Eine solche Ausführungsform der in den Figuren 3 und 5 ausgeführten Elemente, nämlich Filter  $\text{LED}1$ ,

25      $\text{LED}2$ ,  $\text{LED}12$ , Detektoren  $\text{DET}1$ ,  $\text{DET}2$ ,  $\text{DET}12$ , Tiefpaßfilter  $\text{LPF}1$ ,  $\text{LPF}2$ ,  $\text{LPF}12$ , die zu Filtereinheiten  $\text{FE}1$ ,  $\text{FE}2$ ,  $\text{FE}12$  zusammengefaßt werden können, zeigt **Figur 8**. Hier gilt entsprechend dem letzten Ausführungsbeispiel  $n = 2, 3, 4$ , aber anderes ausgewählte  $n$  sind ebenfalls möglich. Die alternativ

30     durch Figur 8 implementierte Filtereinheit  $\text{FE}12$  kann auch die Subtrahiereinheit  $\text{SE}$  enthalten, wobei sich lineare Funktionsblöcke gemäß Kommutativ- und Distributivgesetz verschieben oder aufteilen lassen.

Die Aufteilung erfolgt auf Filter  $\text{LEDOM}n$  mit ganzzahligem  $n$ .

35     Die Ausgangssignale dieser Filter  $\text{LEDOM}n$  sind spektrale Teilsignale  $\text{FIOOM}n$  mit ganzzahligem  $n$  und bestehen im wesentlichen aus Spektralkomponenten bei den Frequenzen  $n^*\text{OM}$ . Diese

spektralen Teilsignale FIOOM<sub>n</sub> mit ganzzahligem n werden Detektoren DETOM<sub>n</sub> mit ganzzahligem n zugeleitet.

Die Leistungsübertragungsfaktoren LOM<sub>n</sub> ergeben sich jeweils durch Multiplikation des Leistungsübertragungsfaktors eines

5 Filters LEDOM<sub>n</sub> mit dem eines Gewichtes G<sub>n</sub>, welches Teil des dazugehörigen Detektors DETOM<sub>n</sub> ist oder jenem nachgeschaltet. Gewicht G<sub>n</sub> kann durch ein Potentiometer realisiert werden. Spätestens nach der Gewichtung durch Gewicht G<sub>n</sub> erhält man jeweils ein Moment zweiter Ordnung SOM<sub>n</sub> mit ganzzahligem n,

10 nämlich die Leistung des spektralen Teilsignals FIOOM<sub>n</sub>. Diese Momente zweiter Ordnung SOM<sub>n</sub> mit dem jeweiligen Leistungsübertragungsfaktor LOM<sub>n</sub> werden in einem Addierer ADD addiert. Dabei werden erfindungsgemäß eine erste Leistung PEVEN mindestens einer Spektralkomponente mit geradzahligem n und eine

15 zweite Leistung PODD mindestens einer Spektralkomponente mit ungeradzahligem n addiert. Am Ausgang des Addierers ADD und ggf. nach Durchlaufen eines Tiefpaßfilters LPF1, LPF2, LPF12 ergibt sich das gewünschte eingangsseitige Regelsignal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> oder L<sub>12</sub> entsprechend den Ausführungsbeispielen von Filter-

20 einheiten FE1, FE2 oder FE12 der Figuren 3 oder 5, welches wiederum erfindungsgemäß vom statischen Differenzphasenwinkel EPS und in erster Näherung vom Modulationshub ETA unabhängig ist, weil es eine konstante Summe PEVEN+PODD der ersten Leistung PEVEN geradzahliger und der zweiten Leistung PODD ungeradzahliger Spektralkomponenten aufweist.

Das eingangsseitige Regelsignal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub> ist eine Funktion F der Momente zweiter Ordnung SOM<sub>n</sub> dieser spektralen Teilsignale FIOOM<sub>n</sub>, welche linear ist, nämlich die gewichtete Summe der Einzelleistungen dieser spektralen Teilsignale FIOOM<sub>n</sub>.

25 Detektion und Addition können auch vertauscht werden. In diesem Fall sind in Figur 8 die Detektoren DETOM<sub>n</sub> und ggf. Gewichte G<sub>n</sub> durch Durchverbindungen zu ersetzen, während hinter dem Addierer ADD ein - in Figur 8 bisher nicht benötigter und deshalb bisher durch eine Durchverbindung zu ersetzender -

30 Detektor DET1, DET2, DET12, welcher ein Leistungs- oder Effektivwertdetektor ist, vorgesehen wird.

In der Praxis ist es vorteilhaft, die Filtereinheiten FE1, FE2, FE12 gemäß Figur 8 oder Teilen der Figuren 3 und 5 durch digitale Signalverarbeitung mit einem Mikroprozessor zu realisieren. Dieser Mikroprozessor kann auch die Regler RG, RGl,  
5 RG oder Teile davon realisieren.

Weitere Variationen des erfinderischen Prinzips sind dadurch möglich, daß andere zeitliche Verläufe der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen den beiden optischen Teilsignalen OS1, OS2 vorgesehen werden. Vorzugsweise werden solche zeitliche Verläufe so ausgestaltet, daß ein eingangsseitiges Regelsignal L1, L2, L12 möglichst unabhängig von der Amplitude der differentiellen Phasenmodulation DPM oder einer sie erzeugenden optischen Frequenzmodulation FM eines Sendelasers  
15 LA ist.

In der Praxis ergibt eine sinusförmige Strommodulation als Frequenzmodulationssignal FMS eines Sendelasers LA ohnehin eine nicht sinusförmige Frequenzmodulation FM und somit auch eine nicht sinusförmige differentielle Phasenmodulation DPM  
20 zwischen den optischen Teilsignalen OS1, OS2. Daher ergibt sich in den detektierten Signalen ED1, ED2 auch kein reines Besselspektrum; insbesondere ist i.d.R. die Modulationsfrequenz OM stark vertreten. Um nicht wie oben beschrieben auf ihre höheren Harmonische  $n^*OM$ , beispielsweise bis  $n = 4$  ausweichen zu müssen, können geeignete Momente zweiter Ordnung SOM $n$  der spektralen Teilsignale DETOM $n$  und/oder ggf. gemischte Momente zweiter Ordnung SOMmn mit ganzzahligen m, n zwischen diesen bestimmt werden.  
25

In **Figur 9** ist wiederum eine Filtereinheit FE1, FE2, FE12 dargestellt, der ein detektiertes Signal ED1, ED2, ED1-ED2 zugeleitet wird. Ein Filter LED mit nachfolgendem Detektor DET ist vorhanden, welche durch einen Mikroprozessor mit eingangsseitigem Analog-Digital-Wandler realisiert wird. In diesem Detektor DET werden die Fourierkomponenten bei der Modulationsfrequenz OM und ihrem Doppelten  $2^*OM$  als spektrale Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 berechnet, was als Filterung in als Bandpaßfiltern ausgebildeten Filtern LEDOM1, LEDOM2 in-

nerhalb eines Filters LED aufgefaßt werden kann. Wegen der Bildung des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 werden die beiden spektralen Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 zuvor bezüglich ihrer Laufzeit bereinigt, die dadurch entsteht, daß die

5 Bildung der Fourierkoeffizienten nicht notwendigerweise zeitlich mit der Schwingung der Frequenzmodulation FM zusammenfällt. Besitzt beispielsweise eine Fourierkomponente FIOOM1 des spektralen Teilsignals bei der Modulationsfrequenz OM einen komplexen Phasenzeiger, so werden alle ermittelten Fourierkomponenten FIOOM1, FIOOM2, ... FIOOMn entsprechend dem

10 Verschiebungssatz der Fouriertransformation mit der 1., 2., ... nten Potenz des komplex Konjugierten dieses Phasenzeigers multipliziert. Anschließend wird eine gewichtete Summe der Momente zweiter Ordnung SOM1, SOM2, SOM12 dieser beiden

15 spektralen Teilsignale FIOOM1, FIOOM2 und des gemischten Moments zweiter Ordnung zwischen diesen beiden spektralen Teilsignalen FIOOM1, FIOOM2 gebildet, welche als eingesseitiges Regelsignal L1, L2, L12 dient. Die dabei verwendeten Gewichte sind gleichzeitig die entsprechenden Leistungsübertragungsfaktoren LOM1, LOM2, LOM12 dieser Momente zweiter Ordnung SOM1, SOM2, SOM12. Sie werden so gewählt, daß sich ein vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängiges eingesseitiges Regelsignal L1, L2, L12 ergibt. Dies ist durch Inversion einer 3x3-Matrix möglich.

20 25 Wenn ein reines Besselspektrum vorliegt, wird beispielsweise der Leistungsübertragungsfaktor LOM12 des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 gleich Null gewählt und wie oben erwähnt  $LOM1^*J1(\text{ETA})^2 = LOM2^*J2(\text{ETA})^2$  eingestellt, was z.B. durch  $|J1(\text{ETA})| = |J2(\text{ETA})|$  mittels  $\text{ETA} = 2,63$  sowie

30 35  $LOM1=LOM2$  wenigstens näherungsweise erreicht wird. In der Praxis ist wegen der auftretenden Verzerrung der optischen Frequenzmodulation FM dagegen meist ein von Null verschiedener Leistungsübertragungsfaktor LOM12 des gemischten Moments zweiter Ordnung SOM12 erforderlich, der auch negativ oder komplex sein kann.

In Erweiterung dieses Ausführungsbeispiel können neben den erwähnten spektralen Teilsignalen FIOOM1, FIOOM2 weitere

spektrale Teilsignale FIOOM<sub>n</sub>, ihre Momente zweiter Ordnung SOM<sub>n</sub> und alle möglichen gemischten Momente zweiter Ordnung SOM<sub>m,n</sub> mit ganzzahligen m, n, zwischen je einem spektralen Teilsignalen FIOOM<sub>m</sub> und einem anderen spektralen Teilsignal  
5 FIOOM<sub>n</sub> gebildet werden und mit Gewichten gewichtet zu einem eingangsseitigen Regelsignal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub> addiert werden, so daß sich ein vom statischen Differenzphasenwinkel EPS unabhängiges eingangsseitiges Regelsignal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub> ergibt. Optimale Gewichte, die auch die Signal-Rausch-Verhältnisse der  
10 einzelnen spektralen Teilsignale FIOOM<sub>n</sub> berücksichtigen, lassen sich hier z.B. durch lineare Programmierung nach dem Simplexverfahren ermitteln. In Frage kommt hier insbesondere das spektrale Teilsignal FIOOM3 beim Dreifachen 3\*OM der Modulationsfrequenz OM, aber auch das ein Gleichsignal darstellende, ggf. mit einem konstanten Offset versehene spektrale  
15 Teilsignal FIOOM0 beim Nullfachen 0\*OM der Modulationsfrequenz OM.

Um trotz ggf. vorhandener parasitärer Amplitudenmodulation ein unverfälschtes eingangsseitiges Regelsignal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub>  
20 zu erhalten, können diejenigen im wesentlichen konstanten Anteile der spektralen Teilsignale FIOOM1 und ggf. FIOOM2, FIOOM3, ..., welche auf diese Amplitudenmodulation zurückzuführen sind, vor Weiterverarbeitung dieser spektralen Teilsignale FIOOM1 und ggf. FIOOM2, FIOOM3, ..., subtrahiert werden.  
25

Durch sendeseitiges nichtideales Multiplex im sendeseitigen Polarisationsstrahlteiler PBSS, oder durch polarisationsabhängige Dämpfung oder Verstärkung im Lichtwellenleiter LWL kann es zu reduzierter Orthogonalität der empfangenen optischen optischen Teilsignale OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub> kommen. Gemäß **Figur 6** und **Figur 7** ist es in solchen Fällen günstig, je ein weiteres steuerbares polarisierendes Element SUB1, SUB2 vorzusehen,  
30 wobei eine Leistungsteilung mit einem empfängerseitigen Leistungsteiler TE vorgesehen ist, der Teil der weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente SUB1, SUB2 sein kann oder ih-  
35

nen vorgelagert ist. In Figur 7 bestehen diese weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente SUB1, SUB2 aus weiteren steuerbaren Polarisationstransformatoren PT1, PT2. Diese enthalten je einen weiteren eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformator PMDC1, PMDC2, genannt PMD-Kompensator, der von mindestens je einem zu seiner Steuerung ausgebildeten ausgangsseitigen Regelsignal STW1, STW2 gesteuert wird, und je einen ihm in Ausbreitungsrichtung der optischen Signale OS1, OS2 nachfolgenden ausgangsseitigen Polarisationstransformator SPT1, SPT2, der von mindestens je einem zu seiner Steuerung ausgebildeten Regelsignal ST1, ST2 gesteuert wird. Statt dieser oder zusätzlich zu diesen weiteren eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeignet ausgebildeten Polarisationstransformatoren PMDC1, PMDC2 kann, dem empfängerseitigen Leistungsteiler TE vorgelagert, der erste eingangsseitige, als zur PMD-Kompensation geeignete ausgebildete Polarisationstransformator PMDC verwendet werden. Gefolgt werden diese weiteren steuerbaren Polarisationstransformatoren PT1, PT2 von jeweils einem nachgeschalteten weiteren, ersten bzw. zweiten festen polarisierenden Element EPBS1, EPBS2, welche als Polarisationsstrahlteiler oder Polarisator ausgeführt sein können. Die weiteren steuerbaren polarisierenden Elemente SUB1, SUB2 oder Teile davon können wiederum auf Substraten integriert sein. Die eingangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 seien zunächst nicht vorhanden und durch Durchverbindungen ersetzt, so daß der Eingang EI des Separators/Detektors SD direkt mit dem empfängerseitigen Leistungsteiler TE verbunden ist. Für den Fall linearer Polarisatoren sind die durch das Ausführungsbeispiel der Figur 7 erfindungsgemäß erreichten Polarisationsanpassungen in Figur 6 skizziert. Die empfangenen optischen Teilsignale OS1, OS2 sind in diesem Beispiel nicht orthogonal zueinander polarisiert. Der erste Signalanteil OUT1, welcher durch das erste feste polarisierende Element EPBS1 transmittiert wird, ist in diesem jedoch orthogonal zum zweiten optischen Teilsignal OS2, und der zweite Signalanteil OUT2, welcher durch das

zweite feste polarisierende Element EPBS2 transmittiert wird, ist in diesem orthogonal zum ersten optischen Teilsignal OS1. Damit sich die Einstellungen gemäß Figur 6 ergeben, ist vorzugsweise die Ausgestaltung der Signalverarbeitungsmodul DR aus Figur 3 zu benutzen.

Je nach Art und Weise der Herstellung der differentiellen Phasenmodulation DPM zwischen optischen Teilsignalen OS1 und OS2 können das Signalverarbeitungsmodul DR und insbesondere die Filter LED1, LED2, LED12 und die Detektoren DET1, DET2, DET12 noch weiter variiert werden. Verzichtet man bei vorhandenem Laufzeitdifferenzbetrag  $|DT1-DT2|$  zwischen den optischen Laufzeiten DT1, DT2 auf die optische Frequenzmodulation FM und erzeugt die differentielle Phasenmodulation DPM durch natürliche Frequenzschwankungen des Sendelasers LA, so solleten Filter LED1, LED2, LED12 so ausgeprägt sein, daß wesentliche Teile des entstehenden, sich i.d.R. über mehrere MHz erstreckenden Interferenzspektrums durchgelassen werden. Verwendet man, wie in Figur 1 gezeigt, Winkelmodulatoren PHM01, PHM02 oder einen differentiellen Winkelmodulator PHM012 und bildet diese als Frequenzverschieber bzw. differentieller Frequenzverschieber aus, oder verwendet man, wie in Figur 2 gezeigt, verschiedenfrequente optische Sender TX1, TX2, so sind Filter LED1, LED2, LED12 auf die entstehende Differenzfrequenz FD zwischen den optischen Teilsignalen OS1 und OS2 abzustimmen. Als Frequenzverschieber oder differentieller Frequenzverschieber können z.B. akustooptische oder elektro-optische Bauelemente eingesetzt werden. Alternativ dazu können als Winkelmodulatoren PHM01, PHM02 oder differentiellen Winkelmodulator PHM012 Phasenmodulatoren bzw. ein differentieller Phasenmodulator eingesetzt werden, welche so angesteuert werden, daß sich eine als Funktion der Zeit wenigstens stückweise lineare differentielle Phasenmodulation DPM ergibt, wobei die zeitliche Ableitung der differentiellen Modulationsphase das  $2\pi f$ ache der Frequenzdifferenz FD ist. Dies sind z.B. Phasenmodulatoren nach dem Serodynprinzip mit sägezahnförmiger Phasenverschiebung.

Werden die Winkelmodulatoren PHM01, PHM02 bzw. der differenzielle Winkelmodulator PHM012 als Phasenmodulatoren bzw. differentieller Phasenmodulator mit sinusförmiger differentieller Phasenmodulation DPM ausgebildet, ergibt sich dagegen ein 5 Besselspektrum, wie im Fall sinusförmiger optischer Frequenzmodulation FM, dessen Detektion bereits weiter oben betrachtet wurde.

Schließlich können durch Messung der Leistungen der detektierten Signale ED1, ED2 oder durch Ablesen des trotz Einregelung des Polarisationstransformators PT verbleibenden Restanteils des aus der Differenz zwischen dem ersten detektierten Signal ED1 und dem zweiten detektierten Signal ED2 gewonnenen weiteren Reglereingangssignals L12 Signale gewonnen 10 werden, welche zur Überprüfung und ggf. langsamen Nachregelung oder gezielten Vorverzerrung der sendeseitigen Polarisationsorthogonalität verwendet werden. Dies ermöglicht die Optimierung des Übertragungssystems derart, daß beispielsweise 15 polarisationsabhängige Dämpfung des Lichtwellenleiters nicht nur nicht zu Nebensprechen führt, sondern auch zu keiner Benachteiligung eines der optischen optischen Teilsignale OS1, 20 OS2 gegenüber dem anderen.

Auch können, z.B. durch Aufbringen weiterer oder Ausnutzen natürlicher, im Spektrum des Sendelasers LA enthaltener optischer Frequenzmodulation, z.B. mit einer von der Modulationsfrequenz OM verschiedenen Frequenz, oder durch Auswertung von 25 Reglersignalen, Informationen gewonnen werden, welche z.B.

die adaptive Regelung des Modulationshubes ETA oder von Leistungsübertragungsfaktoren LOMn ermöglichen.

30 Besonders vorteilhaft ist es, in einer Anordnung gemäß Figur 9 die Erwartungswerte mehrerer oder aller auftretenden Momente SOM1, SOM2, ..., SOMn, SOM12, ... SOMmn der spektralen Teilsignale FIOOMn mit ganzzahligem n zu ermitteln. Daraus lässt sich nämlich der Modulationshub ETA berechnen. Durch einen Rückkanal kann das Frequenzmodulationssignal FMS und dadurch die optische Frequenzmodulation FM am Sendelaser LA so eingestellt werden, daß sich optimales Signal-Rausch- 35

Verhältnis des gewonnenen Reglereingangssignals L1, L2, L12 ergibt. Als zusätzliche Frequenzmodulation, welche die Bildung dieser Erwartungswerte zuläßt, eignet sich z.B. langsame thermische Frequenzmodulation eines durch einen Halbleiter 5 ausgebildeten Sendelasers LA.

Die bisherigen Ausführungsbeispiel der Erfindung beziehen sich allesamt vorzugsweise auf die Einstellung eines ausgangsseitigen Polarisationstransformators SPT, SPT1, SPT2, 10 welcher nicht oder nur in geringem Maße ggf. auftretende Polarisationsmodendispersion kompensieren kann. Die folgenden Ausführungsbeispiele der Erfindung beziehen sich dagegen vorzugsweise auf die Einstellung eines eingangsseitigen Polarisationstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2, welcher zur PMD-Kompensation geeignet ist. Minimaler optischer Aufwand ergibt sich, wenn die Regelsignale für den PMD-Kompensator PMDC in Figur 4 oder die PMD-Kompensatoren PMDC1 und PMDC2 in Figur 7 aus dem ersten und zweiten detektierten Signal ED1, ED2 abgeleitet werden. Dies erfolgt z.B. durch einfache elektrische Spektralanalyse; eine Abschwächung hochfrequenter Signalteile deutet auf unkompenzierte PMD hin und ist durch geeignete Einstellung eines eingangsseitigen Polarisationstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2 zu vermeiden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann der Empfänger RX gemäß **Figur 10** statt des Signalverarbeitungsmoduls DR oder besser zusätzlich zu demselben ein weiteres Signalverarbeitungsmodul DRW aufweisen. Dieses enthält eingangsseitig die detektierten Signale ED1, ED2, welche je einem ersten Korrelationseingang EIME11, EIME21 eines korrelierenden Elements ME1, ME2 zugeleitet werden. An je einem zweiten Korrelationseingang EIME12, EIME22 der korrelierenden Elemente ME1, ME2 wird das Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, zugeleitet. An je einem Ausgang des korrelierenden Elements 30 ME1, ME2 entsteht ein weiteres, als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal EDW1, EDW2. Diese weiteren verarbeitbaren Signale EDW1, EDW2 werden weiteren Filterein- 35

heiten FEW1, FEW2, welche wie die vorgenannten Filtereinheiten FE1, FE2, FE12 aufgebaut sind, zugeleitet. Diese geben ausgangsseitig weitere eingangsseitige Regelsignale LW1, LW2 ab, welche weiteren, wie vorgenannte Regler RG1, RG2 aufgebauten Reglern RGW1, RGW2 zugeleitet werden. Diese weiteren Regler RGW1, RGW2 geben ausgangsseitig weitere Stellsignale STW1, STW2 zur Steuerung der eingangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC1, PMDC2, PMDC ab.

Das weitere Signalverarbeitungsmodul DRW des Empfängers RX in Figur 10 kann durch eine in **Figur 11** gezeigte weitere Variante der Erfindung ausgeführt werden. Dies ist vorzugsweise möglich in Fällen, in denen nur ein gemeinsamer eingangsseitiger Polarisationstransformator PMDC vorhanden ist. Analog zu Figur 5 wird aus den weiteren als Korrelationssignale ausgebildeten verarbeitbaren Signalen EDW1, EDW2 durch einen weiteren Subtrahierer SUBEDW ein zusätzliches als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal EDW12 erzeugt. Dieses wird einer weiteren Filtereinheit FEW12, die wie Filtereinheiten FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2 aufgebaut sein kann, zugeleitet. Ausgangsseitig gibt diese ein weiteres eingangsseitiges Regelsignal LW12 ab, das einem weiteren Regler RGW zugeführt wird, der wie die Regler RG1, RG2, RG, RG1, RG2 aufgebaut sein kann und die weiteren ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 abgibt. Die korrelierenden Elemente ME1, ME2 und der an ihren Ausgängen angeschlossene weitere Subtrahierer SUBEDW können zu einer korrelierenden Subtraktionseinheit SEW zusammengefaßt werden, welche jedoch auch anders aufgebaut sein kann.

Eine beispielhafte andere Ausführung der korrelierenden Subtraktionseinheit SEW ist in **Figur 14** dargestellt. Die detektierten Signale ED1, ED2 werden in einem prinzipiell wie der erste Subtrahierer SUBED12 auszulegendem, jedoch wegen anschließender Korrelation ausreichend breitbandig auszulegenden weiteren Subtrahierer SUBEDW12 subtrahiert, so daß ein weiteres detektiertes Signal ED1-ED2 entsteht. Dieses wird einem ersten Eingang EIME1 eines weiteren korrelierenden Ele-

ments ME12, welches wie korrelierende Elemente ME1, ME2 aus-  
gelegt sein kann, zugeleitet. Die Datenausgangssignale DD2,  
DD1 werden in einem zusätzlichen Subrahierer SUBDD21 subtra-  
hiert, so daß ein im Falle zweiwertiger Datenausgangssignale  
5 DD2, DD1 vorzugsweise dreiwertiges weiteres Datenausgangssig-  
nal DD2-DD1 entsteht. Dieses wird einem zweiten Eingang EIME2  
des weiteren korrelierenden Elements ME12 zugeleitet. An sei-  
nem Ausgang gibt das weitere korrelierende Element ME12 das  
zusätzliche als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare  
10 Signal EDW12 ab.

Der Aufbau eines korrelierenden Elements ME1, ME2, ME12 ist  
in **Figur 12** dargestellt. Das detektierte Signal ED1, ED2,  
ED1-ED2, welches die Interferenz INT1, INT2 enthält, wird ü-  
ber den ersten Korrelationseingang EIME11, EIME21, EIME1 ei-  
15 nem ersten Schaltelementeingang EISE1 eines vorzugsweise als  
Multiplizierer ausgebildeten Schaltelements SEE zugeführt.  
Die der Polarisationsmodendispersion zuzurechnenden Anteile  
der Interferenzen INT1, INT2 entstehen vorzugsweise an den  
20 Übergängen benachbarter Informationsbits der sendeseitigen  
Modulationssignale SDD1, SDD2, und zwar mit Polaritäten, wel-  
che von der Richtung dieser Übergänge abhängen. Daher wird in  
einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfinderischen Prinzips  
das empfangene und regenerierte Datenausgangssignal DD2, DD1,  
25 welches aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1,  
gewonnen wird, über den zweiten Korrelationseingang EIME12,  
EIME22 zunächst einem spektralen Formungselement SF zugelei-  
tet. Im Fall des weiteren korrelierenden Elements ME12 wird  
stattdessen das weitere Datenausgangssignal DD2-DD1 dem ent-  
30 sprechenden zweiten Korrelationseingang EIME2 zugeleitet. Das  
spektrale Formungselement SF besteht aus einem weiteren Sub-  
trahierer SUBME, an dessen zwei Eingängen das jeweilige Da-  
tenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1 direkt bzw. durch ein  
Verzögerungselement DEL verzögert angelegt werden. An seinem  
35 Ausgang, der auch ein Ausgang des spektralen Formungselements  
SF ist, gibt dieser weitere Subrahierer SUBME ein spektral  
geformtes Signal DDSF2, DDSF1, DDSF ab, welches einem zweiten

Schaltelementeingang EISE2 des Schaltelements SEE zugeleitet wird. Das spektrale Formungselement SF bildet in diesem Ausführungsbeispiel als spektral geformtes Signal DDSF2, DDSF1, DDSF wenigstens näherungsweise eine zeitliche Ableitung des jeweiligen Datenausgangssignals DD2, DD1, DD2-DD1 ist, also einer Hochpaßfilterung entspricht. Das Verzögerungselement DEL kann mit fester oder mit variabler Verzögerungszeit ausgelegt werden. Als Verzögerungszeit eignet sich eine kurze, beispielsweise eine Bitdauer oder weniger eines sendeseitigen Modulationssignals SDD1, SDD2 betragende Zeit, falls Verzerrungen durch kurze differentielle Verzögerungszeiten detektiert werden sollen, oder längere, eine oder gar mehrere dieser Bitdauern erreichende oder überschreitende Verzögerungszeiten, falls Verzerrungen durch längere differentielle Verzögerungszeiten detektiert werden sollen. Da das jeweilige Datenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1, ein Digitalsignal ist, kann das Verzögerungselement DEL ebenfalls digital, insbesondere bei binärem Datenausgangssignal DD2, DD1 vorzugsweise binär arbeiten. Zwecks besserer Signalformung kann es z.B. als D-Flip-Flop DFF, welches von einer Flanke eines zugeführten Taktsignals CL gesteuert wird, ausgeführt werden. Auch eine Kette mehrerer D-Flip-Flops ist denkbar zur Vergrößerung der Verzögerungszeit des Verzögerungselementes DEL. Im Fall eines dreiwertigen Datenausgangssignals DD2-DD1 ist dagegen eine analoge Ausführung des Verzögerungselementes DEL, z.B. als Verzögerungsleitung, zu bevorzugen. Da das dem korrelierenden Element ME1, ME2, ME12 zugeführte Datenausgangssignal DD2, DD1, DD2-DD1 aus dem jeweiligen detektierten Signal ED2, ED1, ED1-ED2 nur verzögert gewonnen wird, in der Regel durch die unvermeidliche Verzögerungszeit des oder der Digitalempfänger D2, D1, und da es im spektralen Formungselement SF weiter verzögert wird, im Beispiel der Figur 12 im Mittel um die Hälfte der Verzögerungszeit des Verzögerungselementes DEL, ist normalerweise ein Laufzeitabgleich zwischen den an erstem Schaltelementeingang EISE1 und zweitem Schaltelementeingang EISE2 des Schaltelements SEE eintreffenden Signalen erforderlich. Dies kann durch ein weiteres Verzögerungselement DDEL

erfolgen, welches das jeweilige detektierte Signals ED1, ED2, ED1-ED2, vorzugsweise vor der Zuleitung zum Schaltelement SEE, verzögert. Das Schaltelement SEE und somit das korrelierende Element ME1, ME2, ME12 gibt ausgangsseitig das als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal EDW1, EDW2, EDW12 ab.

Alternative Ausgestaltungen der Erfindung können jeweils mehrere korrelierende Elemente für die Detektion jeder der Polarisationsmodendispersion anzeigen den Anteile der Interferenzen INT1, INT2, und/oder als feste oder variable Hochpaß-, Bandpaß- oder Tiefpaßfilter ausgebildete spektrale Formungselemente SF aufweisen.

Eine vorteilhafte praktische Ausgestaltung des korrelierenden Elements ME1, ME2, welche sich insbesondere für vorliegende binäre Datenausgangssignale DD2, DD1 eignet, zeigt **Figur 13**. Die Spannungsversorgung erfolgt durch eine Versorgungsspannung U+. Das jeweilige detektierte Signal ED1, ED2 liegt in differentieller Form vor. Nach Durchlaufen des weiteren Verzögerungselements DDEL, welches beispielsweise aus zwei gleich langen Verzögerungsleitungen DDEL1, DDEL2 besteht, erreicht es zwei Differenzverstärker DF1, DF2, welche eingangsseitig und ausgangsseitig mit entgegengesetzten Polaritäten parallelgeschaltet sind. Diese Differenzverstärker DF1, DF2 verstärken das jeweilige differentielle Eingangssignal, sofern sie von jeweils einem von zwei Strömen I1, I2, welche aus vorzugsweise gleich ausgebildeten Konstantstromquellen erzeugt werden, durchflossen werden. Ein erster Schalttransistor TT1 leitet jedoch den ersten Strom I1 ab, wenn seiner Basis ein - hier für diese Funktionsweise positiven Pegel erforderndes - Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, zugeleitet wird. Ein zweiter Schalttransistor TT2 leitet den zweiten Strom I2 ab, wenn seiner Basis dieses zuvor im Verzögerungselement DEL verzögerte Datenausgangssignal DD2, DD1, das aus dem jeweils anderen der ersten und zweiten detektierten Signale ED1, ED2 detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen

wird, zugeleitet wird. Als differentielle Ausgangsspannung der parallelgeschalteten Differenzverstärker DF1, DF2 entsteht als Differenzspannung zwischen vorzugsweise gleich ausgebildeten Widerständen R1, R2 das weitere, als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal EDW1, EDW2. Ein zwischen den parallelgeschalteten Ausgängen der Differenzverstärker DF1, DF2 angebrachter Kondensator C dient bereits als Tiefpaßfilter, welches zumindest teilweise das Filter LED1, LED2 darstellt. In Figur 13 sind der weitere Subtrahierer SUBME, das Schaltelement SEE und das durch den Kondensator C zumindest teilweise gebildete Filter LED1, LED2 nicht voneinander zu trennen, was in vorteilhafter Weise zu reduzierter Komplexität und höherer verarbeitbarer Datenrate führt.

Variationen des erfinderischen Prinzips sind dadurch möglich, daß das spektrale Formungselement SF entfällt, daß das Schaltelement SEE anders als als Multiplizierer ausgebildet wird, daß es an seinem zweiten Eingang ein Signal DDSF2, DDSF1, welches nicht oder nicht nur aus demjenigen Datenausgangssignal DD2, DD1, welches aus dem jeweils anderen detektierten Signal ED2, ED1 gewonnen wird, gewonnen wird, sondern beispielsweise auch aus demjenigen Datenausgangssignal DD1, DD2, das aus dem ersten Eingang des Schaltelements zugeführten detektierten Signal ED1, ED2 gewonnen wird, und/oder mindestens einem detektierten Signal ED1, ED2. Ein solches Beispiel wurde bereits durch die in **Figur 14** dargestellte Ausführung der korrelierenden Subtraktionseinheit SEW gegeben.

Die Ausführungsbeispiele der Erfindung gemäß Figuren 10 bis 14 beruhen, soweit bisher beschrieben, darauf, daß die den Digitalempfängern D1, D2 entnommenen Datenausgangssignale DD1, DD2 den sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen. Insbesondere bei fehlerhaft eingestellten ein-gangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 ist es jedoch möglich, daß dies nicht zutrifft, beispielsweise, weil die detektierten Signale ED1, ED2 nicht einmal nähe-

rungsweise den sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen, oder weil beide detektierten Signale ED1, ED2 jeweils demselben sendeseitigen Modulationssignal SDD1, SDD2 entsprechen. Um solche Fälle auszuschließen, kann der weitere  
5 Regler RGW1, RGW2, RGW bei Vorliegen solcher Fälle die weiteren ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 so variieren, daß der oder die eingangsseitigen Polarisationstransformatoren PMDC1, PMDC2, PMDC in verschiedene Zustände gebracht werden. Dies kann es auch erfordern, daß gleichzeitig die von  
10 den Reglern RG1, RG2, RG abgegebenen ausgangsseitigen Regelsignale ST1, ST2 variiert werden. Dies wird so lange in systematischer oder zufälliger Weise durchgeführt, bis mindestens eines, vorzugsweise aber beide aus den Digitalempfängern D1, D2 gewonnenen Datenausgangssignale DD1, DD2 wenigstens  
15 näherungsweise den jeweiligen sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen.

Alternativ oder zusätzlich zu diesem können weitere Methoden zur Ermittlung von durch Polarisationsmodendispersion verursachten Verzerrungen, genannt PMD-Verzerrungen, eingesetzt  
20 werden. In Figur 10 sind zu diesem Zweck Verzerrungsanalysatoren DANA1, DANA2 vorgesehen, denen die detektierten Signale ED1, ED2 zugeführt werden. Die Verzerrungsanalysatoren DANA1, DANA2 ermitteln z.B. durch ein oder mehrere Hochpaß- oder Bandpaßfilter Spektralanteile der detektierten Signale, die  
25 auch aufsummiert werden können, und als jeweils mindestens ein Verzerrungssignal SDANA1, SDANA2 dem weiteren Regler RGW1, RGW2, RGW zugeleitet werden. Abfallen insbesondere der hochfrequenten Spektralanteile der detektierten Signale ED1, ED2 zeigt eine Fehleinstellung des oder der eingangsseitigen  
30 Polarisationstransformatoren PMDC, PMDC1, PMDC2 an, so daß diese vom weiteren Regler RGW1, RGW2, RGW so eingestellt werden können, daß PMD-Verzerrungen vermieden werden. Diese Art der hier nur hilfsweise eingesetzten Verfahrens zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion ist zwar prinzipiell  
35 schon bekannt, beispielsweise aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 909 045 A2 und aus IEEE J. Lightwave Technology, 17(1999)9, S. 1602-1616; neu ist jedoch ihre Anwendung auf

Polarisationsmultiplexsignale. Sobald mindestens eines, vorzugsweise aber beide aus den Digitalempfängern D1, D2 gewonnenen Datenausgangssignale DD1, DD2 wenigstens näherungsweise den jeweiligen sendeseitigen Modulationssignalen SDD1, SDD2 entsprechen, schaltet der Regler RGW1, RGW2, RGW um, so daß erfundungsgemäß das ihm ebenfalls zugeführte, aus Detektion einer Interferenz INT1, INT2 hervorgegangene eingangsseitige Regelsignal LW1, LW2, LW zur Gewinnung des oder der ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 eingesetzt wird.

Bei Veränderung eines weiteren ausgangsseitigen Steuersignals STW1, STW2 verändert sich die Polarisationstransformation eines eingangsseitigen Polarisationstransformators PMDC, PMDC1, PMDC2. Dies erfordert i.a. auch ein Nachregeln eines der ausgangsseitigen Polarisationstransformatoren SPT, SPT1, SPT2.

Um dieses Nachregeln möglichst schnell zu gestalten, bilden im weiteren Signalverarbeitungsmodul DRW die weiteren Regler RGW1, RGW2 in Figur 10 und der weitere Regler RGW in Figur 11 jeweils ein Informationsübertragungssignal ITS1, ITS2, ITS aus. Dieses wird im Signalverarbeitungsmodul DRW jeweils den Reglern RG1, RG2 in Figur 3 und dem Regler RG in Figur 5 zu geleitet, welche aufgrund dieser Informationsübertragungssignale ITS1, ITS2, ITS die von ihnen abgegebenen ausgangsseitigen Regelsignale STW1, STW2 zum Nachregeln der ausgangsseitigen Polarisationstransformatoren SPT, SPT1, SPT2 verändern.

Erfinderischer Gedanke ist es stets, auftretende Interferenz INT1, INT2 der beiden optischen Teilsignale OS1, OS2 zu detektieren. Deshalb ist die Erfindung für alle Einsatzfälle geeignet, in welchen solche Interferenz INT1, INT2 vorliegt.

Dazu gehört das Non-Return-to-Zero-Signalformat, abgekürzt NRZ. Auch das Return-to-Zero-Signalformat, abgekürzt RZ, kommt in Frage, sofern sich die RZ-Impulse der beiden Polarisationsmultiplex-Kanäle überlappen. Falls diese abwechselnd erfolgen, so daß zwischen zwei benachbarten RZ-Impulsen eines Kanals je ein RZ-Impuls des anderen Kanals liegt, gibt es jedoch keine Interferenz, falls die Impulsdauer jeweils kürzer als eine halbe Symboldauer beträgt. Dennoch kann die Erfin-

dung selbst in diesen Fällen nutzbringend eingesetzt werden, und zwar zur Steuerung eines PMD-Kompensators, der diesen günstigen interferenzfreien Zustand herstellt.

## Patentansprüche

1. Anordnung für eine optische Informationsübertragung mit verschiedenen polarisierten optischen Teilsignalen (OS1, OS2),  
5 mit einem steuerbaren polarisierenden Element (SUB), das ausgangsseitig mindestens eines dieser optischen Teilsignalen (OS1, OS2) abgibt,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) vorge-  
10 sehen ist, welches eine auftretende Interferenz (INT1, INT2) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert, daraus mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2) bildet, das zur Steuerung dieses steuerbaren polarisierenden Elementes (SUB, SUB1, SUB2) ver-  
15 wendet wird.
2. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) mindestens einen  
20 Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) aufweist, der an seinem Eingang mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), welches ein eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) ist, aufweist, und an seinem Ausgang mindestens ein Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2), welches  
25 ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2) ist, abgibt und dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) zuleitet.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
daß das steuerbare polarisierende Element (SUB, SUB1, SUB2) einen von einem festen polarisierenden Element (EPBS, EPBS1, EPBS2) gefolgten steuerbaren Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) aufweist.
- 35 4. Anordnung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,

daß der steuerbare Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) einen eingangsseitigen, als zur PMD-Kompensation geeigneter ausgebildeten Polarisationstransformator (PMDC, PMDC1, PMDC2) aufweist, der von einem ausgangsseitigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) gefolgt wird.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein phasendifferenzmodulierendes Mittel (PDM1, PDM2,  
10 PDM12, PDM21, PDM0, PDML) vorgesehen ist, das eine differenzielle Phasenmodulation (DPM) zwischen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt.

6. Anordnung nach Anspruch 5,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß das phasendifferenzmodulierende Mittel (PDM1, PDM2,  
PDM12, PDM21, PDM0, PDML) die differentielle Phasenmodulation  
(DPM) so ausprägt, daß das eingangsseitiges Regelsignal (L1,  
L2, L12, LW1, LW2, LW12) wenigstens näherungsweise unabhängig  
20 von einem statischen Differenzphasenwinkel (EPS) zwischen  
diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) ausbildbar ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß das phasendifferenzmodulierende Mittel (PDM0) eine Frequenzmodulation (FM) eines Sendelasers (LA) erzeugt, welche aufgrund eines Laufzeitdifferenzbetrags ( $|DT1-DT2|$ ) zwischen Aufteilung des optischen Signals des Sendelasers (LA) in einem sendeseitigen Leistungsteiler (PMC) und Zusammenführung  
30 mit orthogonalen Polarisationen der dadurch gebildeten optischen Teilsignale (OS1, OS2) die differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt.

35 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,

- daß dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) mindestens ein Photodetektor (PD11, PD21) nachgeordnet ist, welchem eingangsseitig ein Signalanteil (OUT1, OUT2), welcher von dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) 5 ausgangsseitig abgegeben wird, zugeführt wird und welcher mindestens ein detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt, in welchem sich diese Interferenz (INT1, INT2) manifestiert.
- 10 9. Anordnung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in dem Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) ein Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOM<sub>n</sub> mit ganzzahligem n) vorgesehen ist, welches mindestens ein spektrales Teilsignal (FIO1, 15 FIO2, FIO12, FIOOM<sub>n</sub> mit ganzzahligen n) mindestens eines verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) durchläßt, das aus dem detektierten Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt wird.
- 20 10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in diesem Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) ein Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOM<sub>n</sub>, DETOMM<sub>n</sub> mit ganzzahligen m, n) vorgesehen ist, der wenigstens teilweise das eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) zur Verfügung stellt, welches wenigstens näherungsweise eine Funktion (F), welche vorzugsweise eine lineare Funktion oder eine Wurzelfunktion ist, mindestens eines Moments zweiter Ordnung (SOM2, 25 SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOM<sub>n</sub>, SOMM<sub>n</sub> mit ganzzahligen m, n) wenigstens eines spektralen Teilsignals (FIO1, FIO2, FIO12, 30 FIOOM<sub>n</sub>, mit ganzzahligem n) ist.
11. Anordnung nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
35 daß der Detektor (DET, DETOM12, DETOMM<sub>n</sub> mit ganzzahligen m, n) ein als gemischt ausgebildetes Moment zweiter Ordnung (SOM12, SOMM<sub>n</sub> mit ganzzahligen m, n) zweier unterschiedlicher

spektraler Teilsignale (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) erzeugt.

12. Anordnung nach Anspruch 10 oder 11,

5 dadurch gekennzeichnet,  
daß der Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn) ein Moment zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eines spektralen Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) erzeugt, welches ein Maß 10 für die Leistung des spektralen Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) ist.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

15 daß das Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn mit ganzzahligem n) einen Fourierkoeffizienten des verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) als spektrales Teilsignal (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligen n) passieren läßt, wobei vor der Bildung als gemischt ausgebildeter 20 zweiter Momente (SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eine Laufzeitkompensation durchführbar ist.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,

25 daß das Signalverarbeitungsmodul (DR) ein als detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDV1, EDV2, EDV12) verarbeitet und ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2) abgibt, das den ausgangsseitigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) ansteuert.

30

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Signalverarbeitungsmodul (DRW) ein korrelierendes Element (ME1, ME2, ME12) aufweist, welches das detektierte

35 Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) mit mindestens einem spektralen Anteil mindestens eines Datenausgangssignals (DD1, DD2) kor-

reliert und ein als Korrelationssignal ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDW1, EDW2, EDW12) abgibt,

daß das Signalverarbeitungsmodul (DRW) dieses als Korrelationssignal ausgebildete verarbeitbare Signal (EDW1, EDW2,

- 5 EDW12) verarbeitet und ein ausgangsseitiges Regelsignal (STW1, STW2) abgibt, das den eingangsseitigen Polarisationstransformator (PMDC, PMDC1, PMDC2) ansteuert.

16. Verfahren für eine optische Informationsübertragung mit

- 10 verschiedenen polarisierten optischen Teilsignalen (OS1, OS2), mit einem steuerbaren polarisierenden Element (SUB), das ausgangsseitig mindestens eines dieser optischen Teilsignale (OS1, OS2) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 daß eine auftretende Interferenz (INT1, INT2) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert wird, daß daraus mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2) durch mindestens ein Signalverarbeitungsmodul (DR, DRW) gebildet wird, das zur Steuerung dieses steuerbaren polarisierenden Elementes (SUB, SUB1, SUB2) verwendet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet,

- 25 daß mindestens ein Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), welches ein eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) eines Reglers (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) ist, einem Eingang des Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) zugeleitet wird, daß mindestens ein Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2) von dem Regler (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) abgegeben wird, welches ein ausgangsseitiges Regelsignal (ST1, ST2, STW1, STW2) ist, und dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, SUB2) zuleitet wird.

- 35 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet,

daß als steuerbares polarisierendes Element (SUB, SUB1, SUB2) ein festes polarisierendes Element (EPBS, EPBS1, EPBS2) mit einem diesem gefolgten steuerbaren Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2) verwendet wird.

5

19. Verfahren nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als steuerbarer Polarisationstransformator (PT, PT1, PT2)  
ein zur ein PMD-Kompensation geeigneter ausgebildeter Polari-  
10 sationstransformator mit einem nachgeschalteten ausgangsseitigen  
tigen Polarisationstransformator ( SPT, SPT1, SPT2) verwen-  
det wird.

15 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß eine differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen den  
optischen Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt wird.

20 21. Verfahren nach Anspruch 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die differentielle Phasenmodulation (DPM) zu Beginn der  
Informationsübertragung erzeugt wird.

25 22. Verfahren nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die differentielle Phasenmodulation (DPM) so ausprägt  
wird, daß das eingangsseitiges Regelsignal (L1, L2, L12, LW1,  
LW2, LW12) wenigstens näherungsweise unabhängig von einem  
30 statischen Differenzphasenwinkel (EPS) zwischen diesen opti-  
schen Teilsignalen (OS1, OS2) ausgebildet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
35 daß eine Frequenzmodulation (FM) eines Sendelasers (LA) er-  
zeugt wird, welche aufgrund eines Laufzeitdifferenzbetrags  
(|DT1-DT2|) zwischen Aufteilung des optischen Signals des

Sendelasers (LA) in einem sendeseitigen Leistungsteiler (PMC) und Zusammenführung mit orthogonalen Polarisierungen der dadurch gebildeten optischen Teilsignale (OS1, OS2) die differentielle Phasenmodulation (DPM) zwischen diesen optischen  
5 Teilsignalen (OS1, OS2) erzeugt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß dem steuerbaren polarisierenden Element (SUB, SUB1, 10 SUB2), welches mindestens einen Signalanteil (OUT1, OUT2) abgibt, mindestens ein Photodetektor (PD11, PD21) je Signalannteil (OUT1, OUT2) nachgeordnet wird, wobei dieser Photodetektor (PD11, PD21) ein detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt, in welchem sich die Interferenz (INT1, INT2) manifesterzt zuleitbar ist.  
15

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein spektrales Teilsignal (FIO1, FIO2, FIO12, 20 FIOOMn mit ganzzahligen n) mindestens eines verarbeitbaren Signals (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12), das aus dem detektierten Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) erzeugt wird, von einem Filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn mit ganzzahligem n) durchgelassen wird.  
25

26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) wenigstens teilweise einem Detektor (DET1, DET2, DET12, 30 DET, DETOMn, DETOMmn mit ganzzahligen m, n) zugeführt wird, welcher das eingangsseitige Regelsignal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) so ausbildet, daß es wenigstens näherungsweise eine Funktion (F), welche vorzugsweise eine lineare Funktion oder eine Wurzelfunktion ist, mindestens eines Moments zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) wenigstens eines spektralen Teilsignals (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, mit ganzzahligem n) ist.

27. Verfahren nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein als gemischt ausgebildetes Moment zweiter Ordnung  
5 (SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) aus zwei unterschiedlichen spektralen Teilsignalen (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) durch den Detektor (DET, DETOM12, DETOMmn mit ganzzahligen m, n) erzeugt wird.
- 10 28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Moment zweiter Ordnung (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1,  
SOM12, SOMn, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eines spektralen  
Anteils (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) durch  
15 den Detektor (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn) erzeugt wird  
und ein Maß für eine Leistung des spektralen Anteils (FIO1,  
FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligem n) wird.
- 20 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 28,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Fourierkoeffizient dieses verarbeitbaren Signals  
(EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) als spektrales Teil-  
signal (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn mit ganzzahligen n) dieses  
detektierten Signals (ED1, ED2, ED1-ED2) gebildet wird, wobei  
25 vor der Bildung als gemischt ausgebildeter zweiter Momente  
(SOM12, SOMmn mit ganzzahligen m, n) eine Laufzeitkompen-  
sation durchgeführt wird.
- 30 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein als detektiertes Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) ausgebil-  
detes verarbeitbares Signal (EDV1, EDV2, EDV12) im Signalver-  
arbeitungsmodul (DR) verarbeitet wird, welches ein ausgangs-  
35 seitiges Regelsignal (ST1, ST2) abgibt, das den ausgangssei-  
tigen Polarisationstransformator (SPT, SPT1, SPT2) ansteuert

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das detektierte Signal (ED1, ED2, ED1-ED2) durch ein im  
das Signalverarbeitungsmodul (DRW) vorhandenes korrelierendes  
5 Element (ME1, ME2, ME12) mit mindestens einem spektralen An-  
teil mindestens eines Datenausgangssignals (DD1, DD2) korre-  
liert wird,  
daß ein beim Korrelieren erzeugtes, als Korrelationssignal  
ausgebildetes verarbeitbares Signal (EDW1, EDW2, EDW12) von  
10 dem Signalverarbeitungsmodul (DRW) verarbeitet wird,  
daß ein beim Verarbeiten erzeugtes ausgangsseitiges Regelsig-  
nal (STW1, STW2) den eingesetzigen Polarisationstransfor-  
mator (PMDC, PMDC1, PMDC2) ansteuert .

### Zusammenfassung

Anordnung und Verfahren für eine optische Informationsübertragung

5

Bei dieser Anordnung und dem zugehörigen Verfahren werden empfangsseitig für verschiedene polarisierte optische Teilsignale (OS1, OS2) auftretende Interferenzen (INT1, INT2) zwischen diesen optischen Teilsignalen (OS1, OS2) detektiert, 10 daraus ein Regelsignal (L1, L2, L12) gebildet und zur Steuerung eines Polarisationstransformators mit nachfolgendem festen polarisierenden Element eingesetzt.

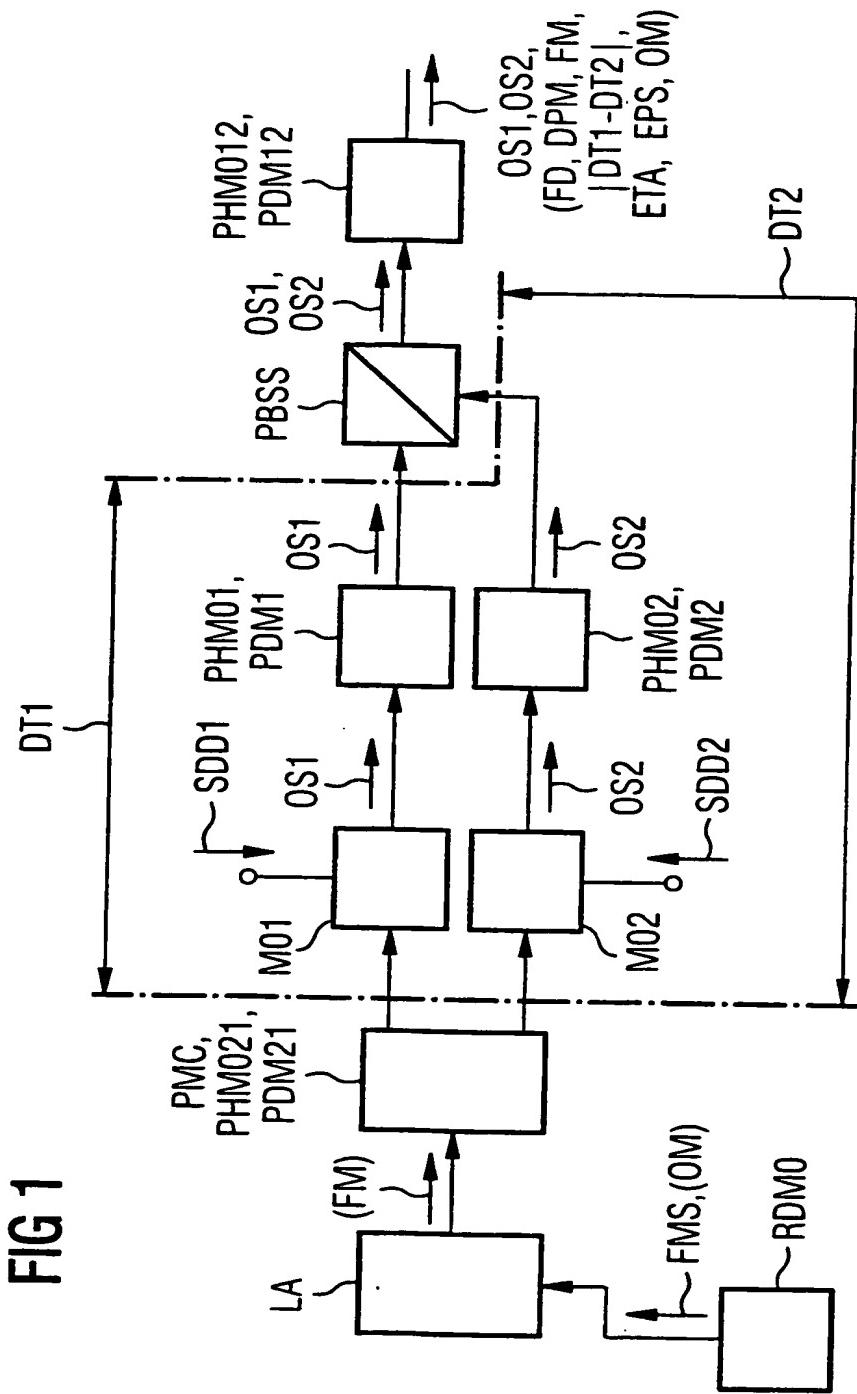
Figur 3

## Bezugszeichenliste

	LA	Sendelaser
	FM	Optische Frequenzmodulation
5	FMS	Frequenzmodulationssignal
	PMC	Sendeseitiger Leistungsteiler
	M01, M02	Modulatoren
	SDD1, SDD2	sendeseitige Modulationssignale
	DD1, DD2, DD2-DD1	Datenausgangssignale
10	OS1, OS2	Optische Teilsignale
	PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML	Phasendifferenzmodulierende Mittel
	PHM01, PHM02	Winkelmodulator
	PBSS	Sendeseitiger Polarisationsstrahlteiler
15	PHM012	Differentieller Winkelmodulator
	DPM	Differentielle Phasenmodulation
	FD	Frequenzdifferenz
	DT1, DT2	Laufzeiten
	DT1-DT2	Laufzeitdifferenzbetrag
20	TX1, TX2	Optische Sender
	LWL	Lichtwellenleiter
	RX	Empfänger
	EI	Eingang
	SD	Separator/Detektor
25	L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2	Regelsignale
	L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12	Eingangsseitige Regelsignale
	ST1, ST2, STW1, STW2	Ausgangsseitige Regelsignale
	RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW	Regler
30	ED1, ED2, ED1-ED2	Detektierte Signale
	EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12	Verarbeitbare Signale
	D1, D2	Digitalempfänger
	DR, DRW	Signalverarbeitungsmodul
	LED1, LED2, LED12, LEDOMn (n = 0, 1, 2, ...)	Filter
35	FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn	spektrale Teilsignale

	SUBED12, SUBME, SUBEDW, SUBEDW12, SUBDD21	
	Subtrahierer	
	DET1, DET2, DET12, DETOMn, DETOMmn (m, n = 0, 1, 2, ...)	
	Detektor	
5	LPF1, LPF2, LPF12	Tiefpaßfilter
	PD11, PD21	Photodetektoren
	EPBS, EPBS1, EPBS2	Feste polarisierende Elemente
	PT, PT1, PT2	Steuerbare Polarisationstransformatoren
10	PMDC, PMDC1, PMDC2	Eingangsseitige Polarisationstransforma-
	toren, PMD-Kompensatoren	-toren
	SPT, SPT1, SPT2	Ausgangsseitige Polarisationstransforma-
		toren
	SUB, SUB1, SUB2	Steuerbare polarisierende Elemente
	OUT1, OUT2	Signalanteile
15	TE	Empfängerseitiger Leistungsteiler
	x, y	Koordinaten für horizontale/vertikale Po-
		larisation
	FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2, FEW12	Filtereinheit
	OM	Modulationsfrequenz
20	n*OM (n = 0, 1, 2, ...)	Vielfache der Modulationsfrequenz
	LOMn	Leistungsübertragungsfaktoren
	Gn	Gewichte
	SOMn, SOMmn	Momente zweiter Ordnung
	F	Funktion
25	ADD	Addierer
	SE	Subtrahiereinheit
	PEVEN	erste Leistung
	PODD	zweite Leistung
	PEVEN+PODD	Summe von PEVEN und PODD
30	ME1, ME2, ME12	korrelierende Elemente
	EIME11, EIME21, EIME1, EIME12, EIME22, EIME2	Korrelationseingänge
	SEW	korrelierende Subtraktionseinheit
	SEE	Schaltelelement
35	EISE1, EISE2	Schaltelelementeingänge
	DEL, DDEL	Verzögerungsglieder
	CL	Taktsignal

DFF	D-Flip-Flop
DF1, DF2	Differenzverstärker
TT1, TT2	Schalttransistoren
I1, I2	Ströme
5 R1, R2	Widerstände
C	Kondensator
U+	Versorgungsspannung
DANA1, DANA2	Verzerrungsanalysatoren
SDANA1, SDANA2	Verzerrungssignale



2/11

FIG 2

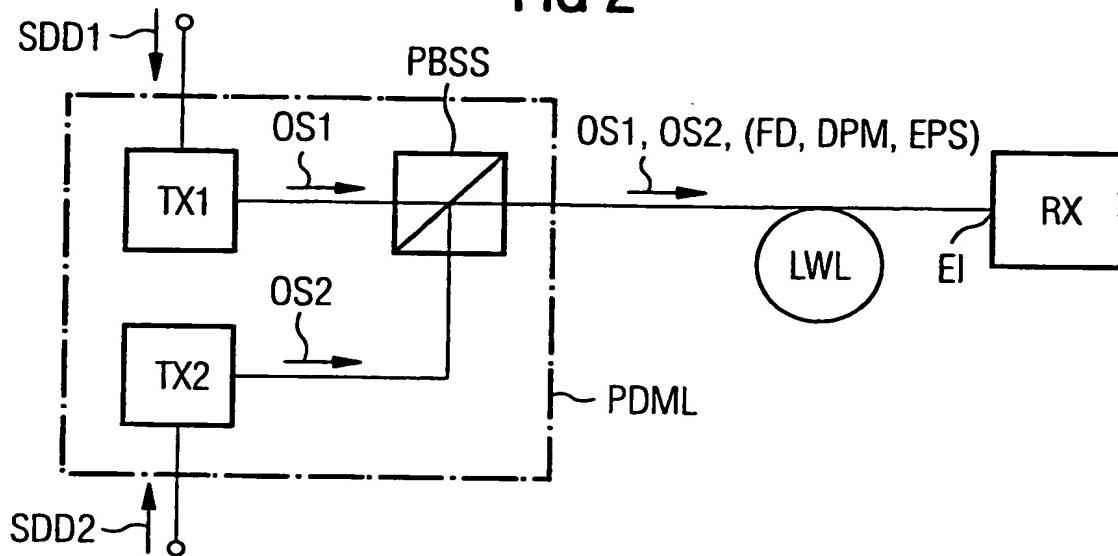
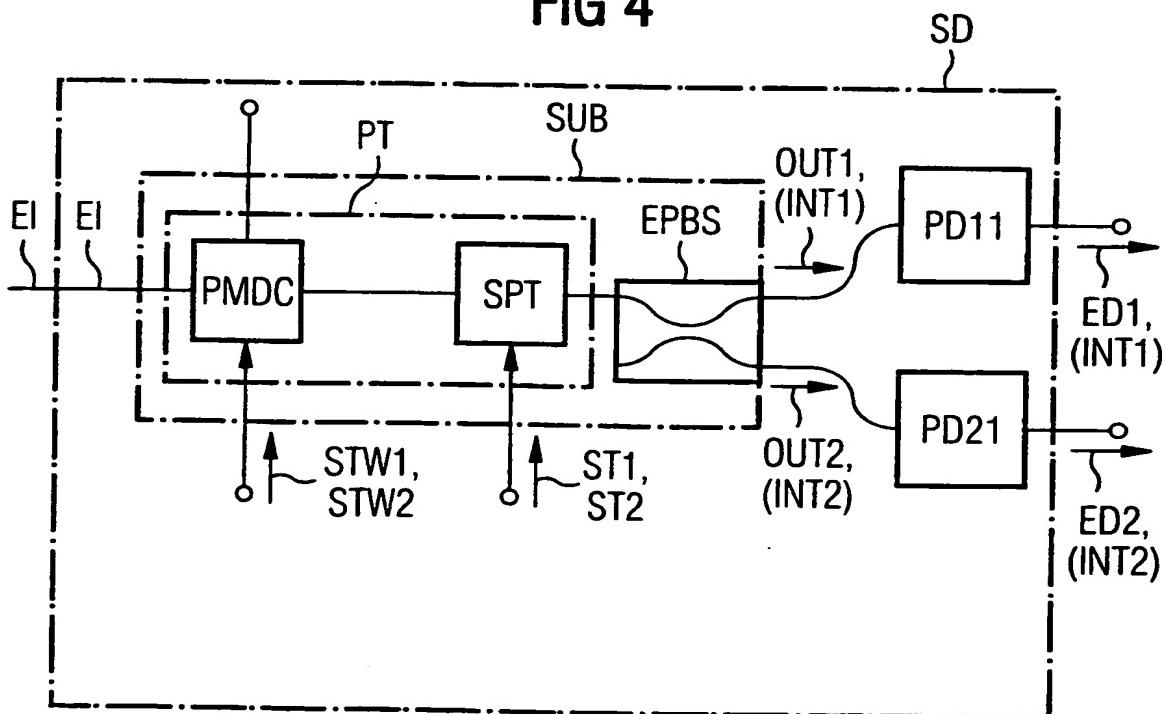


FIG 4



3/11

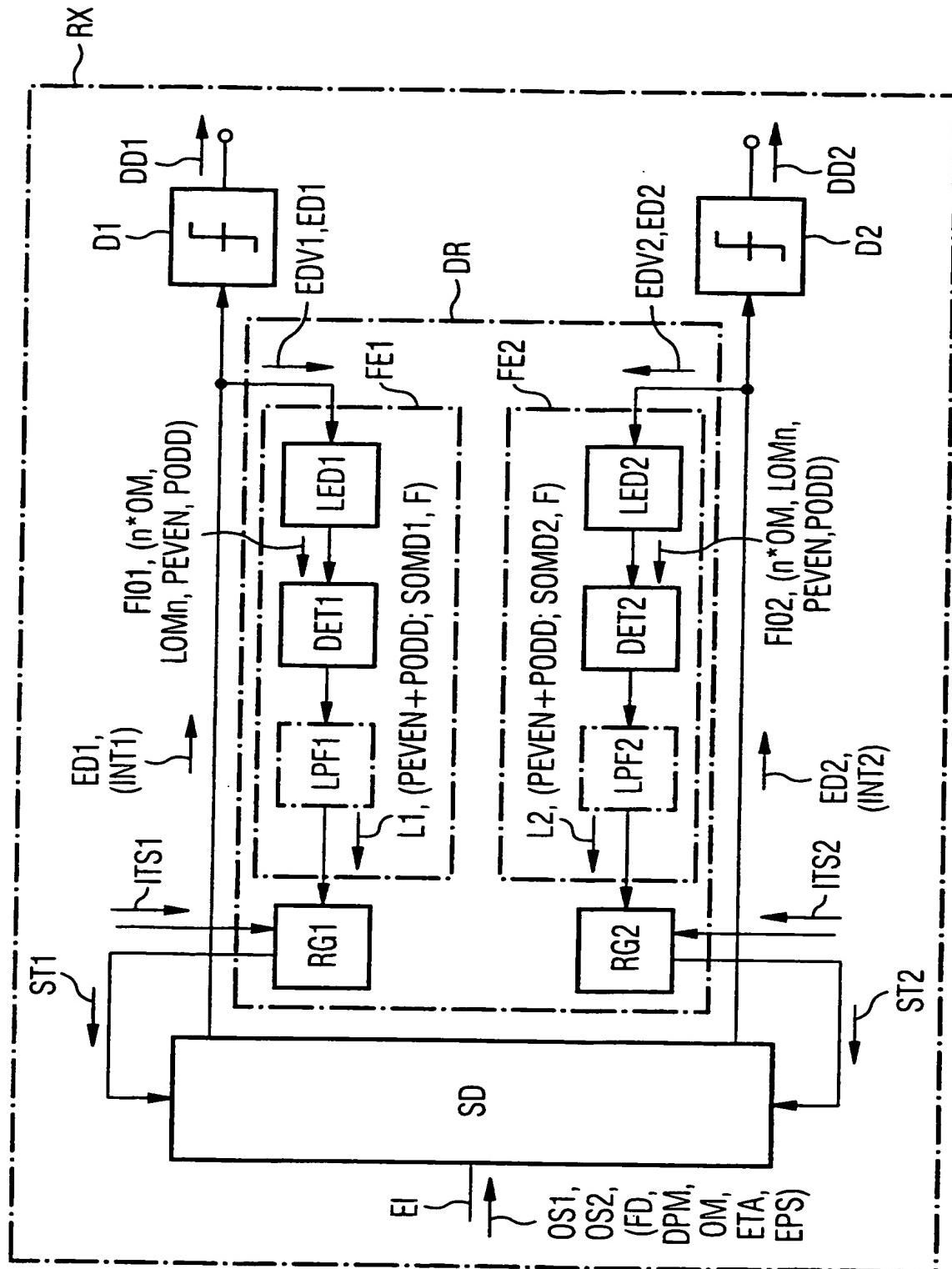
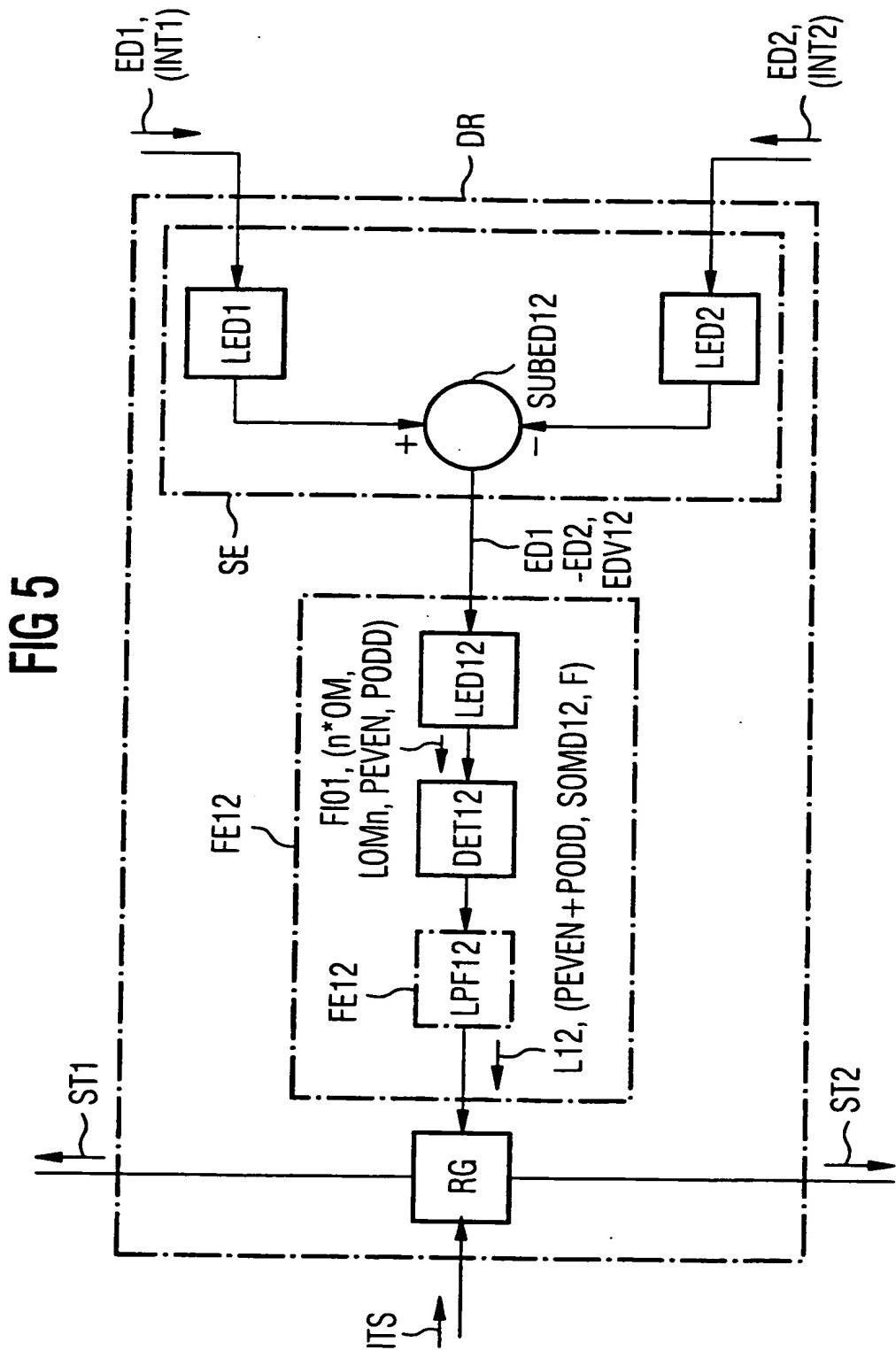
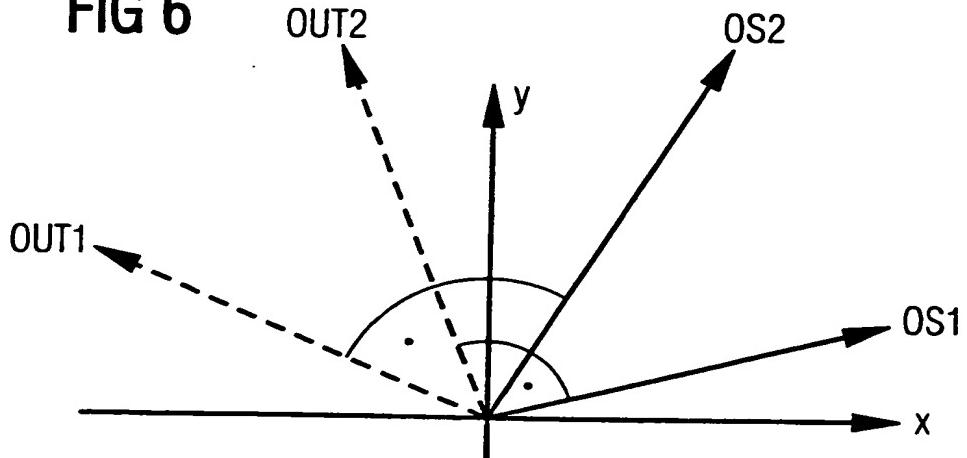
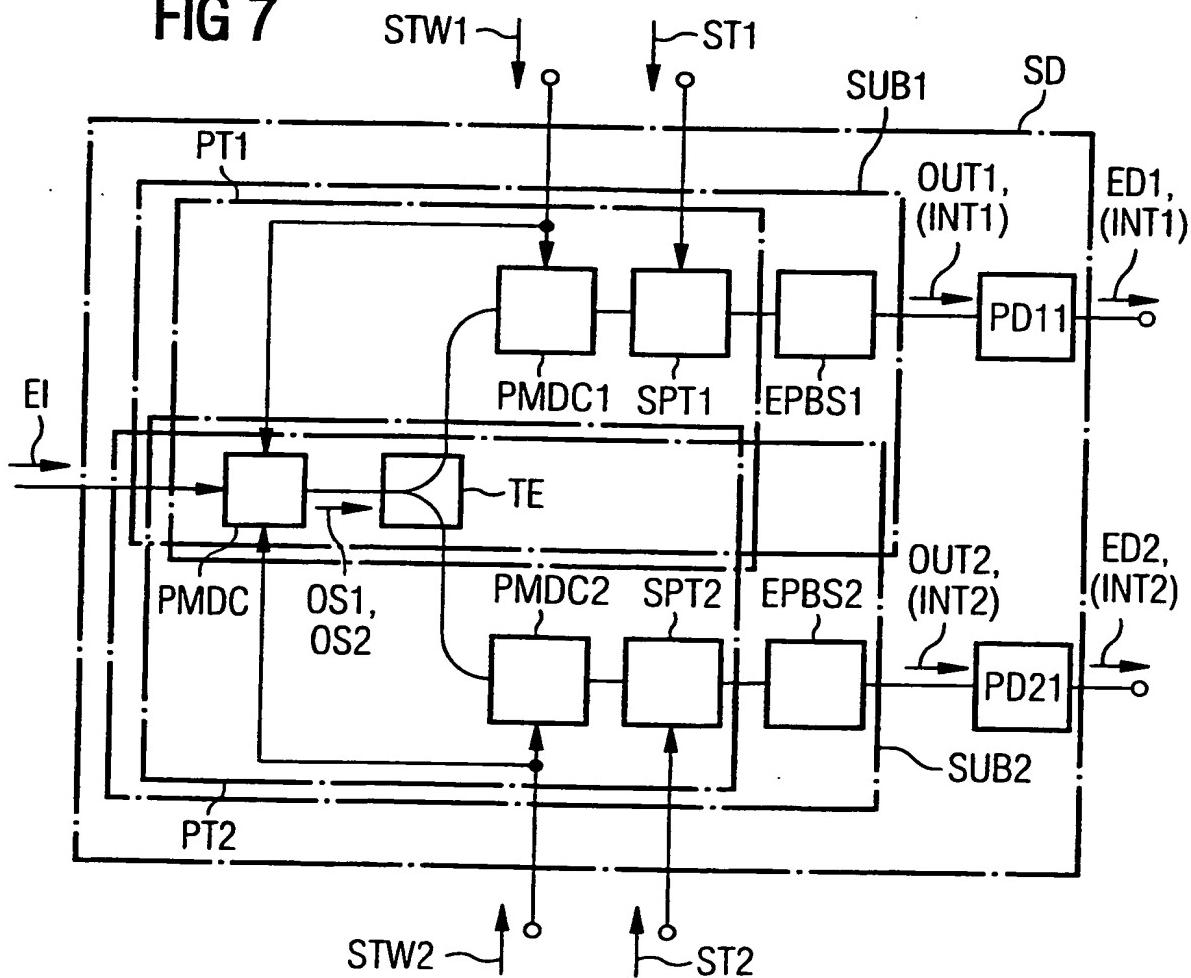


FIG 3

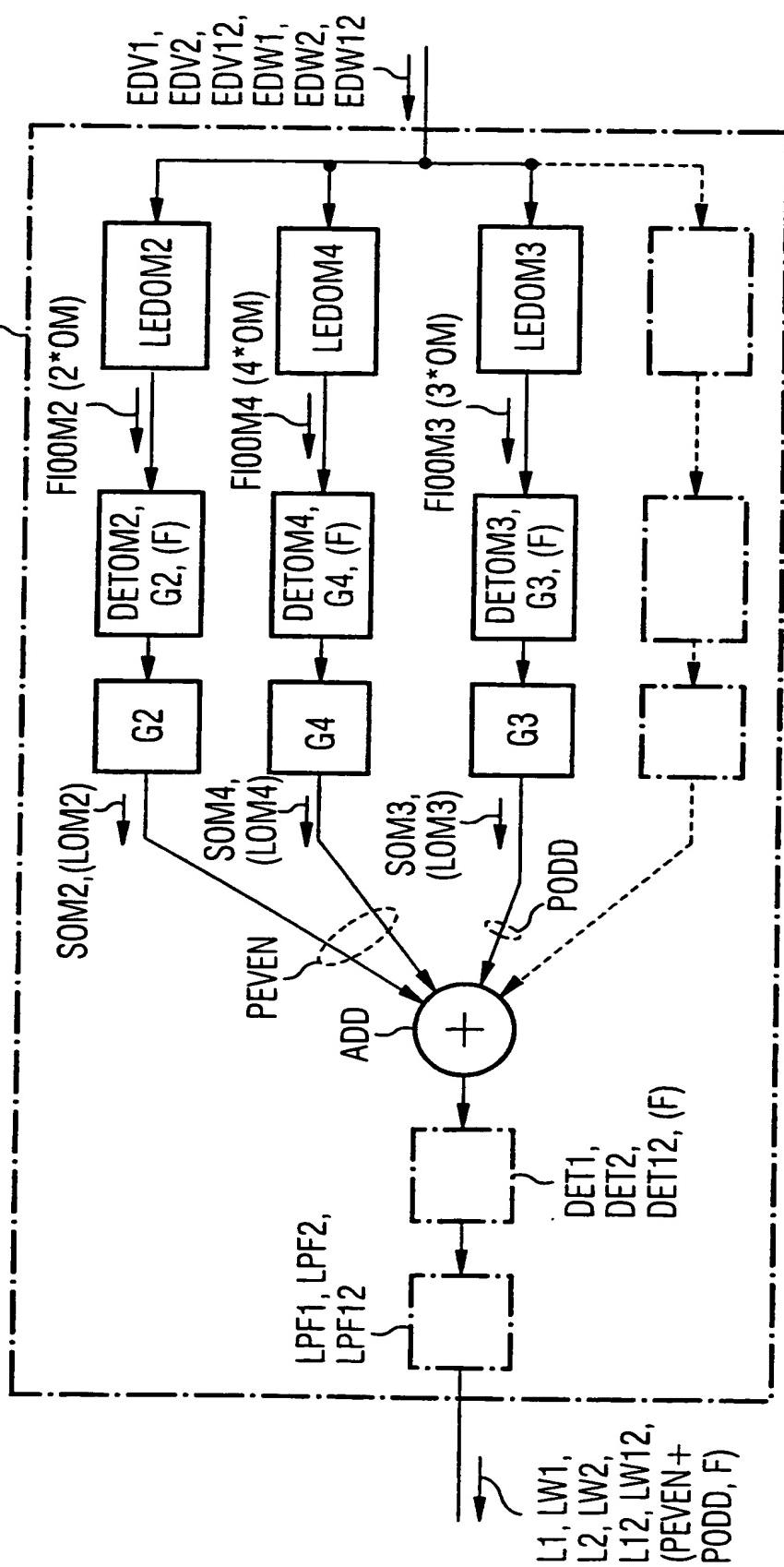


5/11

**FIG 6****FIG 7**

6/11

FIG 8



7/11

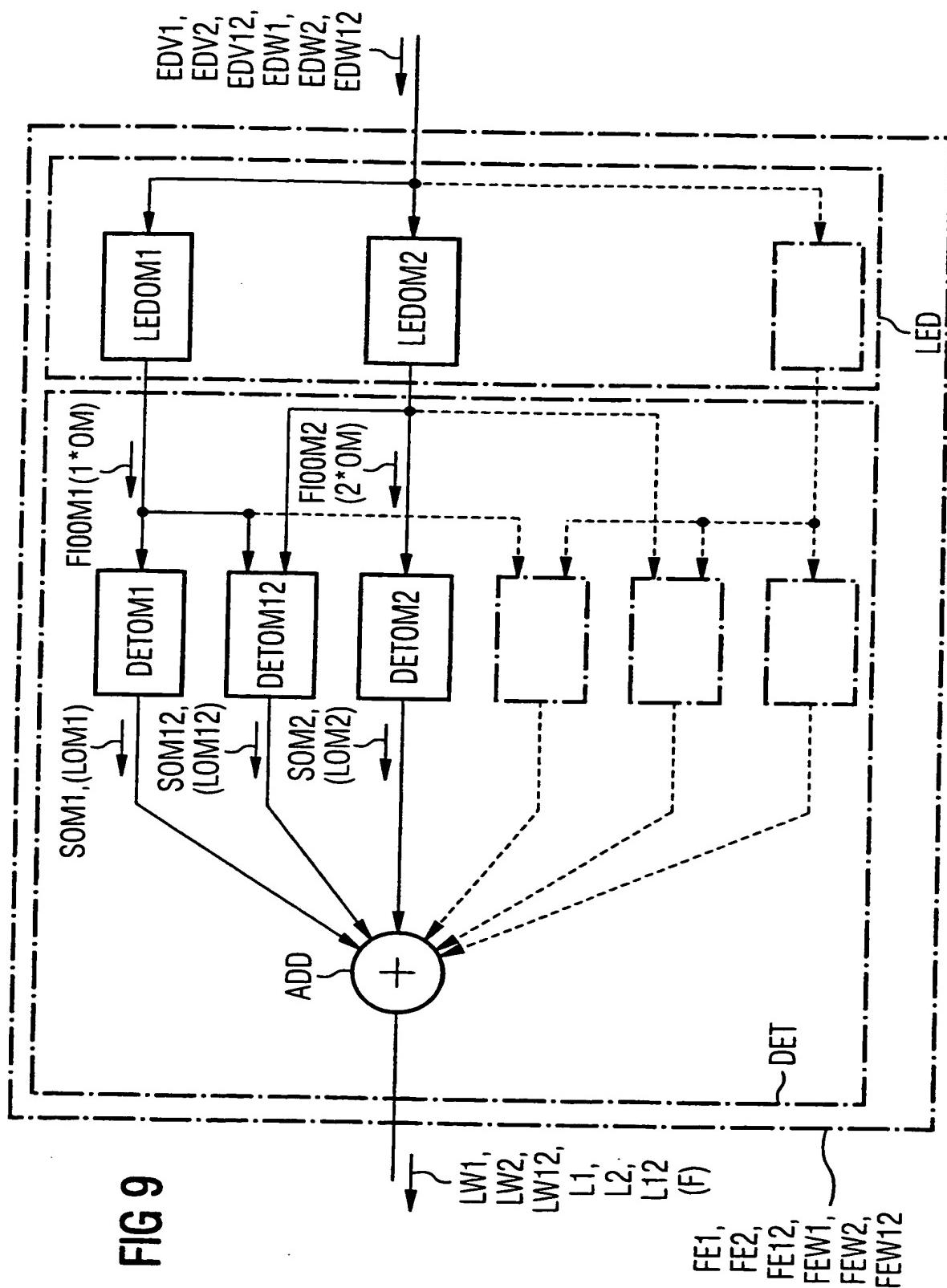
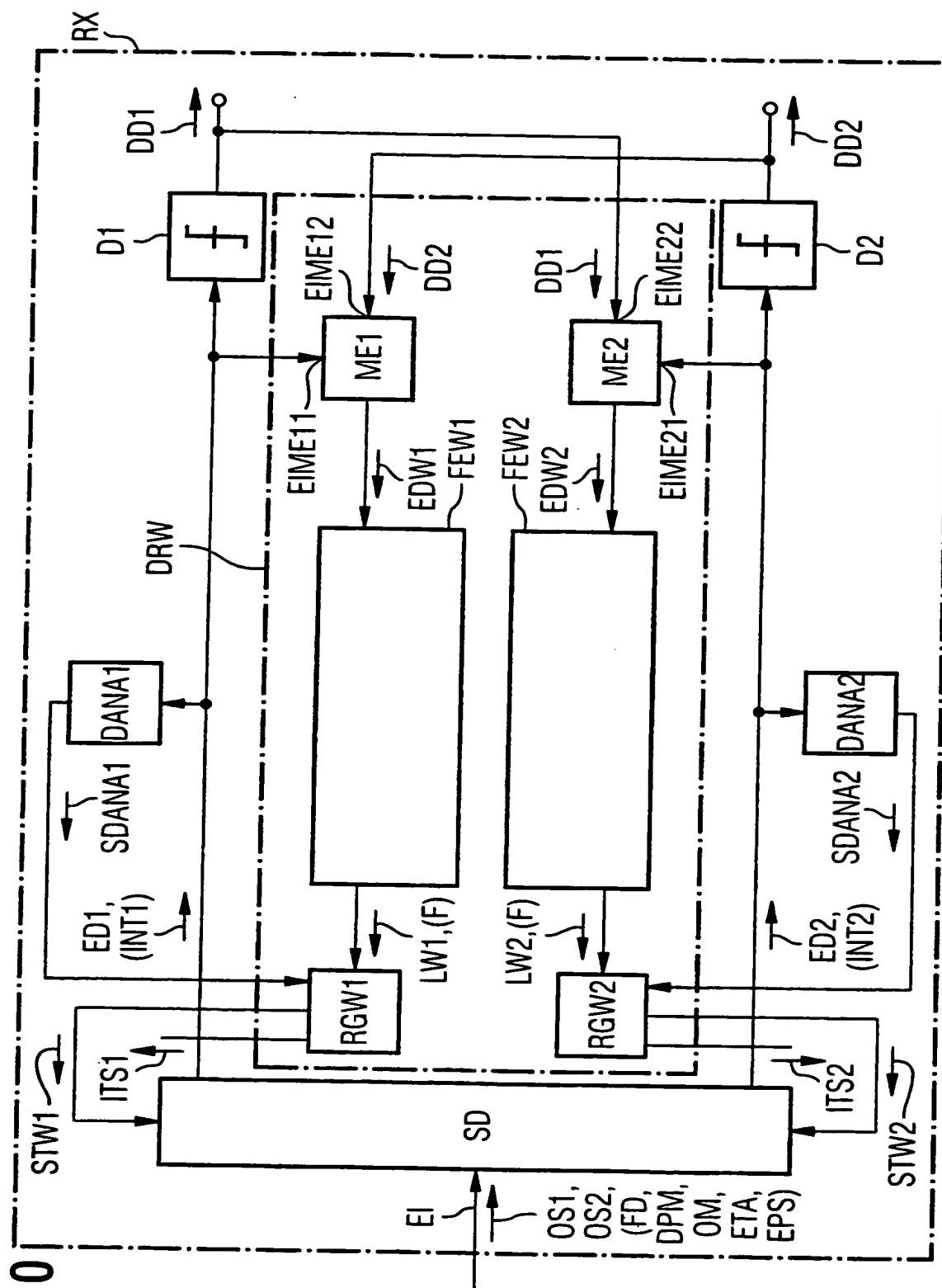
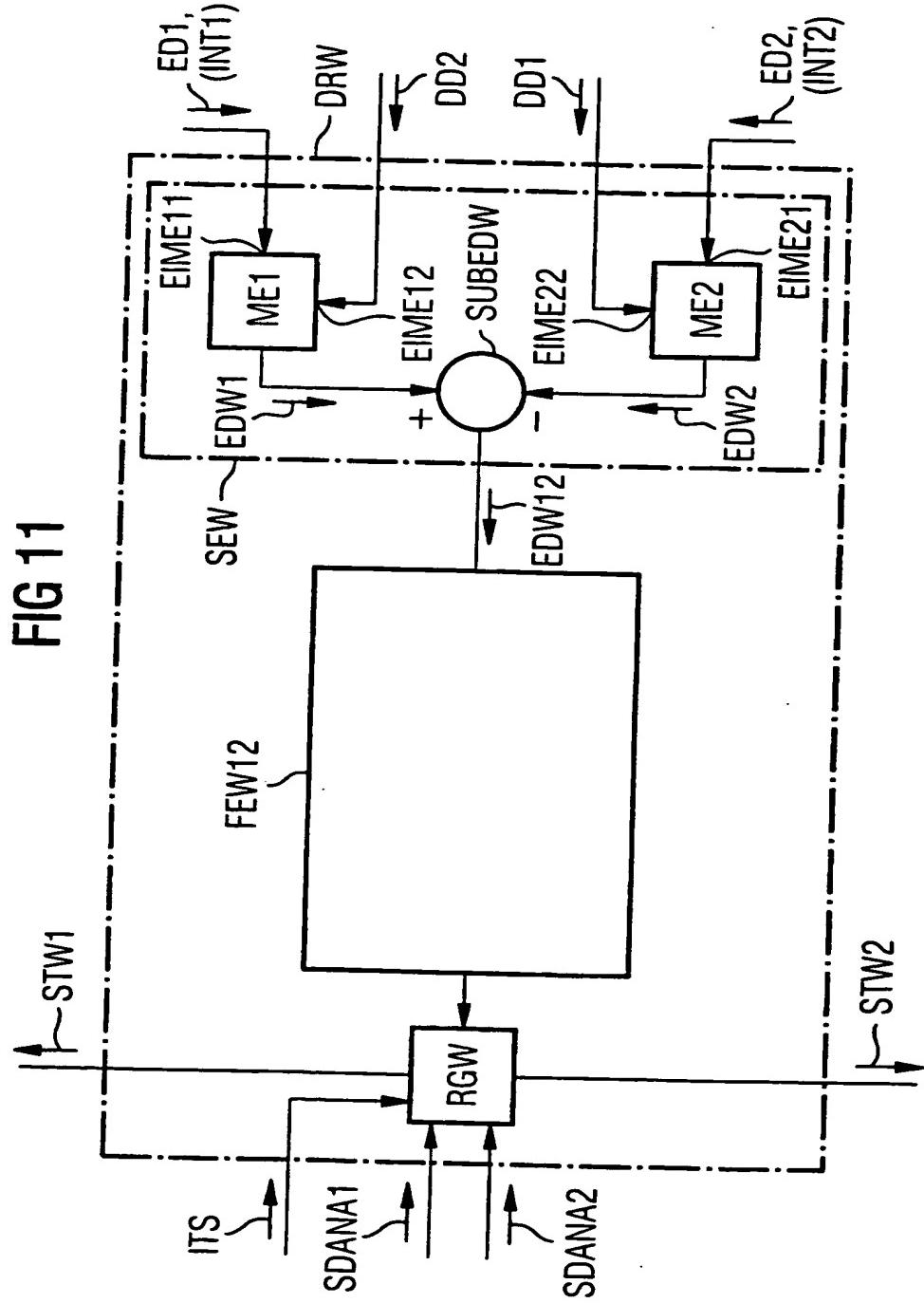


FIG 9

8/11



9/11



10/11

FIG 12

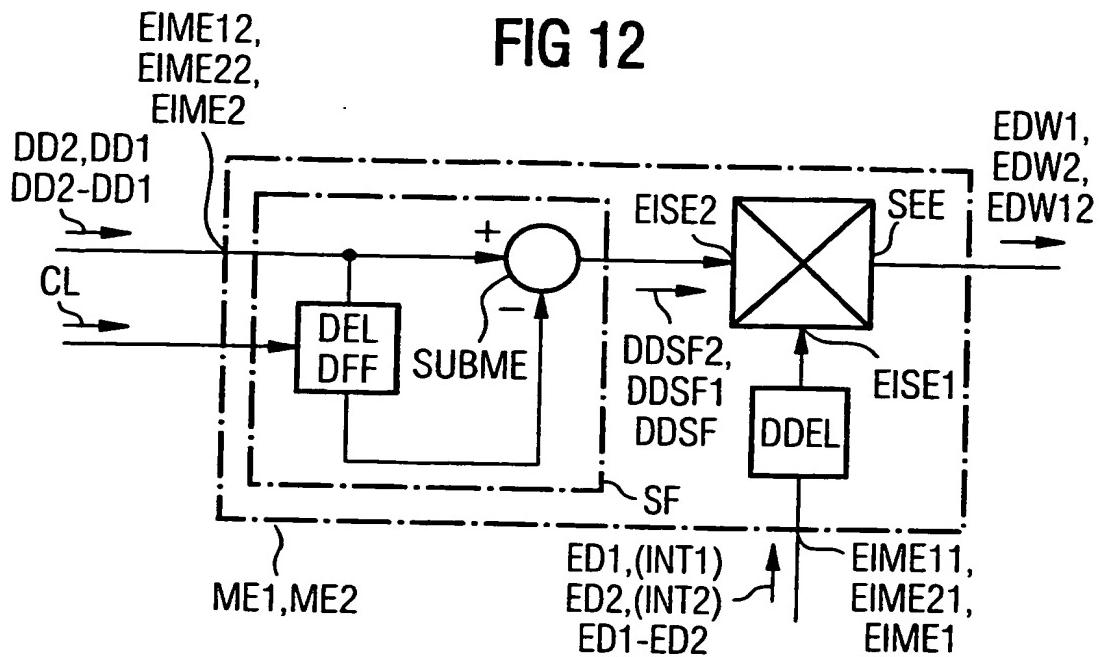
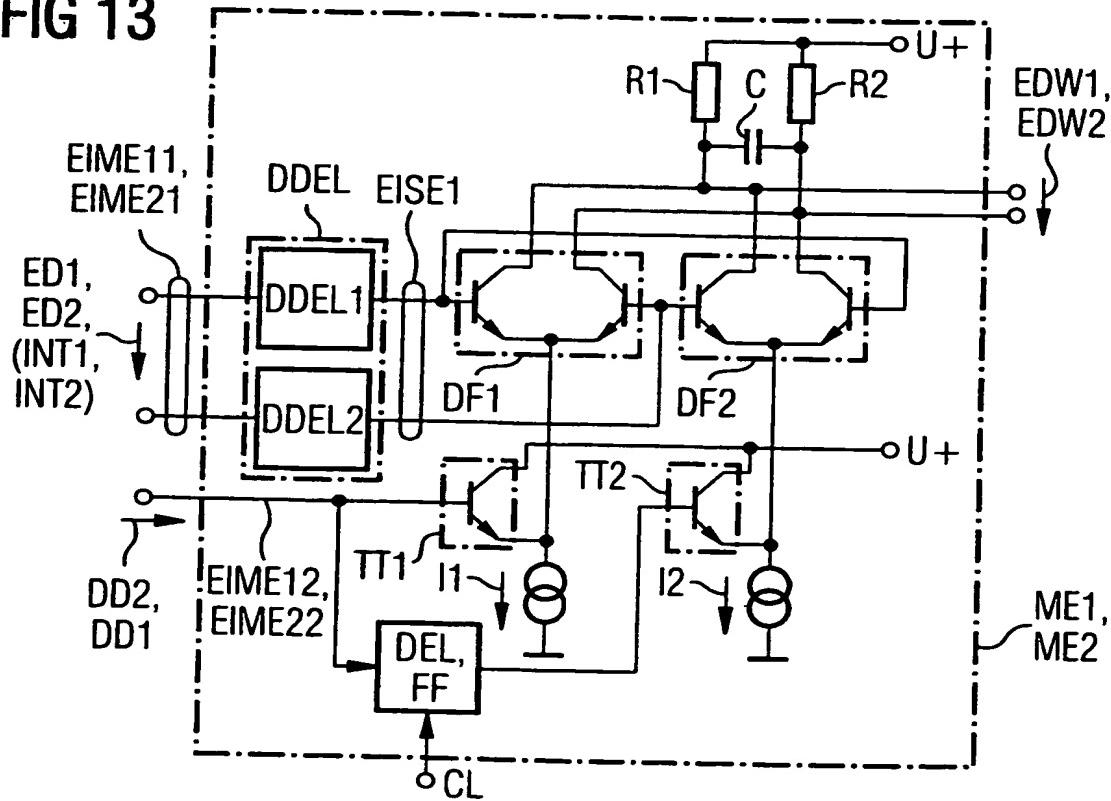
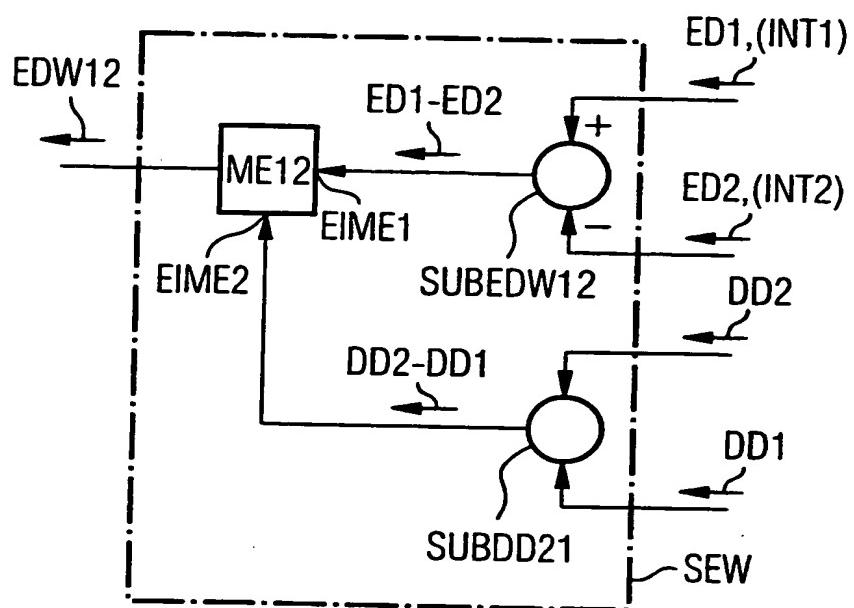


FIG 13



11/11

FIG 14



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT 00/03066

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04J14/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)

IPK 7 H04J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 6. Oktober 1993 (1993-10-06) Zusammenfassung Seite 2, Zeile 9 – Zeile 55 Seite 3, Zeile 33 – Seite 4, Zeile 9 ---	1,16
A	HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH, SEV, Bd. CONF. 19, 12. September 1993 (1993-09-12), Seiten 401-404, XP000492247 in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Kapitel I, II und III ---	1,16
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25. Januar 2001

31/01/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Chauvet, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

des Albenzeichens

T/DE 00/03066

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0564167 A	06-10-1993	US	5388088 A	07-02-1995
		DE	69328645 D	21-06-2000
		DE	69328645 T	11-01-2001
		JP	6075138 A	18-03-1994
US 5062153 A	29-10-1991	FR	2647560 A	30-11-1990
		DE	69008034 D	19-05-1994
		DE	69008034 T	04-08-1994
		EP	0399861 A	28-11-1990

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT [REDACTED] 00/03066

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEGEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 062 153 A (TURPIN MARC ET AL) 29. Oktober 1991 (1991-10-29) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 4 -Spalte 4, Zeile 12 -----	1,16

1999P08062WO01

W/PYD

**Description**

Arrangement and method for optical information transmission

5

The invention relates to an arrangement and to an associated method for optical information transmission, as claimed in the precharacterizing clause of the independent patent claims 1 and 16.

10

Polarization multiplexing, an arrangement and a method for optical information transmission by means of differently polarized optical signal elements, are used to increase the capacity of an optical transmission system. The Proceedings of the European Conference on Optical Communications 1993, Montreux, Switzerland, pages 401-404, Lecture WeP9.3, F. Heismann et al., "Automatic Polarization Demultiplexer for Polarization-Multiplexed Transmission Systems" describe an optical polarization-multiplexed transmission system. A major disadvantage of this configuration is that a receiver-end polarization transformer is controlled such that the two polarization-multiplexed channels are split between the two outputs of a downstream polarization beam splitter. This is done by forming a correlation signal of the recovered clock with the received signal, and by maximizing this by adjustment of the polarization transformer.

20

The procedure according to the prior art has a number of disadvantages:

25

Firstly, the correlation product disappears when averaged over time when a pure AC-voltage-coupled pseudo-sequence is applied, and this makes the control process difficult or impossible.

Furthermore, different bit rates had to be chosen in order to distinguish between the two polarization-

multiplexed channels, and this is not feasible in practice. Furthermore, significantly different

optical wavelengths had to be chosen and this is likewise unacceptable in practice.

One object of the invention is thus to specify an  
5 arrangement and an associated method for optical information transmission, which avoid the disadvantages of the prior art.

This object is achieved by an arrangement as specified  
10 in claim 1, and by a method as specified in patent  
- claim 16.

Advantageous developments are specified in the dependent claims.

15 The solution to the problem is to detect any interference which occurs in the two optical, differently polarized polarization-multiplexed signals in a signal processing module, and to use this to  
20 control a controllable polarizing element. This is done by conditioning this interference at the transmission end, that is to say randomizing it. Corresponding spectral signal elements are minimized by a polarization regulator, so that crosstalk in  
25 polarization multiplexing is minimized and, at the same time, the useful signals are at least approximately maximized. All the disadvantages that have been mentioned with the prior art are in this way avoided.

30 In one exemplary embodiment of the invention, the polarization-multiplexed signal is produced at the transmission end from a laser signal, which is first of all split between two signal paths, where it is in each case separately intensity-modulated. These signal paths  
35 are then combined in a polarization beam splitter, with orthogonal polarizations, with the frequency of the laser being modulated at the same time. Any delay time

difference between these paths means that the frequency modulation results in differential phase modulation between the multiplexed signals.

At the receiver end, the signal is split by means of a coupler between two receiver paths. Input-side polarization control is carried out in each receiver path, followed by a polarizer for suppressing the 5 respectively undesirable polarization-multiplexed channel, and by a conventional photoreceiver in each case having a photodiode, and, finally, electrical data signal regenerators connected downstream from the photodiodes. Spectral signal elements are in each case 10 detected by means of a filter. These spectral signal elements disappear only when one of the multiplexed signals is completely suppressed by the polarizer. This results in a simple and at the same time highly effective control criterion for setting the respective 15 polarization transformer. In this case, each of the regenerators receives and regenerates only one polarization-multiplexed channel, which corresponds to the desired receiver-end separation of the signals. In one development, correlation is carried out, before 20 reaching the filter, preferably with the time derivative of the recovered data signal from the respective other channel. This results in a highly accurate control criterion in order to compensate for polarization mode dispersion.

25

The invention will be explained in more detail with reference to exemplary embodiments.

In the figures:

30

Figure 1 shows a polarization-multiplexed transmitter with only one laser,

Figure 2 shows a polarization-multiplexed transmitter with two lasers,

35

Figure 3 shows a receiver according to the invention,

Figure 4 shows a separator/detector,

Figure 5 shows a variant of a part of Figure 3,

Figure 6 shows a vector diagram of linear polarization states,

5 Figure 7 shows an embodiment variant of a separator/  
detector,

Figure 8 shows an embodiment variant of a filter unit;

Figure 9 shows a further embodiment variant of a  
filter unit,

10 Figure 10 shows a further receiver according to the  
invention,

- Figure 11 shows a variant of a part of Figure 10,  
Figure 12 shows a correlating element,  
Figure 13 shows one advantageous refinement of the  
correlating element, and  
5 Figure 14 shows a further correlating element.

In a transmission arrangement as shown in Figure 1, the output signal from a transmission laser LA is split between two optical waveguides, with approximately the 10 same power levels, by means of a transmission-end power splitter PMC. Any optical and/or electrical amplifiers which may be required are omitted here and in the following figures, for the sake of clarity. The transmission-end power splitter PMC may be, for example, a polarization-maintaining fiber coupler. The signals 15 obtained in this way are passed through a respective modulator MO1, MO2, which is preferably in the form of an intensity modulator or else, for example, a phase modulator, and where transmission-end modulation 20 signals SDD1 and SDD2, respectively, are applied, thus producing optical signal elements OS1, OS2. These are modulated. OS1 is a first optical signal element, and OS2 is a second optical signal element. These are combined, preferably with orthogonal polarizations, by 25 means of a transmission-end polarization beam splitter PBSS. A simple optional directional coupler can also be used instead of the transmission-end polarization beam splitter PBSS.

Polarization-maintaining optical waveguides, for 30 example, can likewise be provided for the connections between the modulators MO1, MO2 and the transmission-end polarization beam splitter PBSS, with one of these optical waveguides being twisted through 90°. As an alternative to this, a mode converter can be provided 35 in one of these connections.

In order to achieve the desired coherence between the optical signal elements, OS1, OS2 after combination,

differential phase modulation DPM is provided between these two optical signal elements OS1, OS2, and is produced by a phase-difference-modulating means. First phase-difference-modulating means PDM1, PDM2, PDM12,  
5 PDM21, which can be used alternatively or additively, are angle

modulators PHMO1, PHMO2 for one of the optical signals, OS1, OS2, or differential angle modulators PHMO12, PHMO21. In this case, the word differential means that the angle modulation takes place between the polarized 5 optical signal elements OS1, OS2, which are ideally orthogonal to one another. The frequency shift which may be produced in this case result in a frequency difference FD in the output optical waveguide. Frequency shifters, including differential frequency 10 shifters, which are suitable for use as this first phase-difference-modulating means PDM1, PDM2, PDM12, PDM21 may operate, in particular, acoustooptically, or electrooptically, and preferably with full mode conversion, in the case of the phase-difference- 15 modulating means PDM1, PDM2, PDM12, which is not used for power splitting at the same time. A transmission-end power splitter PMC can also be used as the phase-difference-modulating means PDM21, for example in the form of an acoustooptical mode converter which operates 20 as a frequency shifter and with half power conversion, and this is followed by a polarization beam splitter. In a further exemplary embodiment of a polarization-multiplexed transmitter, the transmission laser LA has an optical frequency modulation signal FMS applied to 25 it, with this being produced from a further phase-difference-modulating means PDM0. By way of example, sinusoidal optical frequency modulation FM with a frequency shift of a few hundred MHz has scarcely any effect on the transmission bandwidth of a 10 Gb/s 30 transmitter. If the magnitude of the delay time difference  $|DT1-DT2|$  between the optical delay times DT1, DT2 of the optical signal elements OS1, OS2 which pass through the modulators MO1, MO2 between the transmission-end power splitter PMC and the 35 transmission-end polarization beam splitter PBSS is chosen not to be zero, the frequency modulation is converted to the desired differential phase modulation DPM of the optical signal elements OS1, OS2 downstream

from the transmission end-polarization beam splitter PBSS. This has a spectrum which depends on that of the optical frequency modulation FM.

In the simplest case, the external optical frequency  
5 modulation FM may even be dispensed with, by making use, instead of this, of the

natural frequency fluctuations from the transmission laser LA, its line width. These frequency fluctuations also lead, via the magnitude of the delay time difference  $|DT_1-DT_2|$  between the optical delay times 5 DT<sub>1</sub>, DT<sub>2</sub>, to differential phase modulation, DPM between the optical signal elements, OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub>. Furthermore, differential phase modulation DPM is used between the optical signal elements OS<sub>1</sub> and OS<sub>2</sub> even when - as an alternative to signal 1 - a transmission 10 arrangement as shown in Figure 2 is used, with two optical transmitters TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub>. The optical transmitters TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> transmit the orthogonal-polarized optical signal elements OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub>, which are combined in a transmission-end polarization beam splitter PBSS. In 15 this case, the optical transmitters TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> interact with the transmission-end polarization beam splitter PBSS as a further phase-difference-modulating means PDML. The differential phase modulation DPM produced in this way is added to form a steady-state difference 20 phase angle EPS, which occurs at a specific time between the optical signal elements. The optical transmitters TX<sub>1</sub>, TX<sub>2</sub> are modulated with transmission-end modulation signals SDD<sub>1</sub> for the optical transmitter TX<sub>1</sub> and SDD<sub>2</sub> for the optical transmitter TX<sub>2</sub>.

25 The aim of the transmission arrangements shown in Figure 1 and Figure 2 is in each case to randomize the interference phase angle; that is to say, for example, if there is a frequency difference FD between the 30 optical signal elements OS<sub>1</sub>, OS<sub>2</sub> the cosine function and the sine function of the differential phase modulation DPM between the optical signals OS<sub>1</sub> and OS<sub>2</sub> always have a mean value of zero, so that input-side control signals L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub>, which are obtained in a 35 way which will be described later, are independent of the steady-state difference phase angle EPS.

Figure 2 also shows the principle of one design of a transmission system using polarization multiplexing. Once the optical signal elements OS1, OS2 have been  
5 combined by the transmission-end polarization beam splitter PBSS, the signals can then be transmitted via an optical waveguide LWL to a receiver RX

With an input EI. Since the optical waveguide LWL generally does not maintain the polarization, this makes it difficult to separate the two optical signal elements OS1, OS2 once again.

5

According to Figure 3, the receiver RX comprises, for example, a separator/detector SD and downstream receiver electronics.

- 10 Figure 4 shows a separator/detector SD for polarization multiplexing. The received optical signal elements are passed from the input EI to a controllable polarizing element SUB. This contains a controllable polarization transformer PT, which is preferably designed to be  
15 endless, and receives at least one first output-side control signal ST1, and preferably a second output-side control signal ST2, as well. Both the first output-side control signal ST1 and the second output-side control signal ST2 may consist of one or more signals. A fixed  
20 polarizing element EPBS is fitted at the output of the polarization transformer PT and may be in the form of a polarization beam splitter which produces first and second signal components OUT1, OUT2 at its outputs. Ideally, the signal components OUT1, OUT2 should be the  
25 orthogonal-polarized optical signal elements OS1 and OS2, respectively; however, this is true only if the controllable polarization transformer PT is adjusted in a suitable manner. This contains a first input-side polarization transformer PMDC, which is designed to be  
30 suitable for PMD compensation and is referred to as a PMD compensator, and is controlled by output-side control signals STW1, STW2, which are designed to control it, and contains an output-side polarization transformer SPT, which follows it in the propagation  
35 direction of the optical signals OS1, OS2 and is controlled by control signals ST1, ST2, which are designed to control it. When, on the other hand, the

1999P08062W001

- 7a -

controllable polarization transformer PT is not set optimally, crosstalk results due to the respectively

undesired optical signal element OS2 or OS1. One idea of the invention is to detect the interference INT1 and INT2 which respectively occurs in this case in the two optical signal elements OS1, OS2. This interference  
5 INT1 and INT2, respectively, occurs in these signal components, OUT1 and OUT2, respectively, in this case by virtue of the optical field strength or the optical power.

The respective signal components OUT1 and OUT2 are  
10 detected in respective photodetectors PD11 and PD21, which produce a first detected signal ED1 and a second detected signal ED2. These in turn contain the respective interference INT1 and INT2, but in this case by virtue of the photocurrents of the respective photo-  
15 detectors PD11 and PD21.

The input-side polarization transformer PMDC, that is to say the PMD compensator PMDC may be designed, for example, as described in German Patent Applications  
20 19841755.1 and 19830990.2. A version with an at least approximately frequency-independent controllable polarization transformer is likewise of interest, which is followed by a highly frequency-dependent, fixed polarization transformer which, for example, has only  
25 first-order polarization mode dispersion. The latter may be formed from a piece of polarization-maintaining fiber with a differential group delay time between two modes. Arrangements such as these are known from IEEE J. Lightwave Technology, 17(1999)9, pages 1602-1616,  
30 and the references quoted there. The controllable polarizing element SUB, or parts of it, in particular the controllable polarization transformer PT, may be integrated on a substrate which is composed, for example, of lithium niobate. Instead of the integrated  
35 design, the input-side polarization transformer PMDC could also, for example, be omitted, with the output-side polarization transformer SPT and the fixed

polarizing element EPBS, which is in the form of a polarization beam splitter, being designed as described in the Proceedings of the European Conference on Optical Communications 1993, Montreux, Switzerland, 5 pages 401-404, Lecture WeP9.3. Embodiments according to the subject matters described in

German Patent Applications 19858148.3 and 19919576.5 are also possible.

The detected signals ED1, ED2 are preferably passed to 5 digital receivers D1, D2, as shown in Figure 3. These may contain decision makers and clock recovery units and may emit data output signals DD1, DD2 which, ideally, are logically identical to the transmission-ended modulation signals SDD1 and SDD2, respectively.

10 The detected signals ED1, ED2 are passed to a signal processing module DR. In principle, instead of this, the signal components OUT1, OUT2 leaving the controllable polarizing element SUB can also be passed 15 directly to this signal processing module DR; it should then be designed to process these signal components OUT1, OUT2, and the photodetectors PD11, PD21 may be omitted.

This signal processing module DR detects any 20 interference INT1, INT2 which occurs between the optical signal elements OS1, OS2, and may also contain regulators RG1, RG2. Signals EDV1, EDV2 which are in the form of detector signals ED1, ED2 and can be processed are processed for this purpose in the signal 25 processing module DR. This emits an output-side control signal ST1, ST2, which drives the output-side polarization transformer SPT1, SPT2. These signals EDV1, EDV2, which can be processed, are passed to respective filters LED1 and LED2 for this purpose. In 30 order to keep the complexity low, it is, for example, possible to measure the current at that electrode of a photodiode at which the data signal is not tapped off. This results in the advantage that the data signals are not corrupted, and that the desired filtering is at 35 least partially carried out at this stage by the capacitive blocking to ground produced at the other electrode of the photodiode. In this case, detected signals ED1, ED2 each comprise a broadband data signal

on one line, and a low-frequency signal on another line. The former is processed further in the digital receiver D1 or D2, respectively, while the latter is supplied to the respective filter LED1 or LED2.

As an alternative to this, the broadband data signal on one line and the low-frequency data signal on another line may each originate from two different photodiodes which, together with in each case one upstream further 5 optical beam splitter, form the respective photodetector PD11 or PD21.

The filters LED1, LED2 are preferably designed as bandpass filters, with a low frequency in comparison to the symbol rate, and thus select spectral signal 10 elements FIO1, FIO2 in whose frequency bands interference INT1, INT2 between the optical signal elements OS1 and OS2 occurs due to the specific configuration of the transmission apparatus, as shown in Figures 1 or 2, in the controllable polarizing 15 element SUB. In the case of optical frequency modulation FM, this is in each case the modulation frequency MO - which is in general not identical to the frequency modulation shift - of, for example, 1 MHz, or the other modulation frequencies in the range from 20 about 0.1 Hz to 1 GHz are at least in principle suitable. Multiples  $n \cdot MO$  of the modulation frequency where n is an integer may also be evaluated on their own or together with it. The filters LED1, LED2 are preferably in the form of bandpass filters. It is 25 likewise possible for them to be in the form of low-pass filters, which the DC component being passed through. In the case of an aperiodic frequency modulation signal FMS or a frequency difference FD, which fluctuates severely through the line widths of 30 the optical transmitters TX1, TX2, between the optical signal elements OS1, OS2, the filters LED1, LED2 can preferably pass the spectral maximum of the interference INT1, INT2 in the detected signals ED1, ED2.

35

The selected spectral signal elements FIO1, FIO2 at the outputs of the filters LED1, LED2 are passed to

detectors DET1 and DET2, respectively, which, possibly after low-pass filtering in the low-pass filters LPF1, LPF2, produce input-side control signals L1, L2. These detectors DET1, DET2 may be in the form of root mean square value detectors, or power detectors. By definition, in the case of power detectors, the second-order moment SOMD1, SOMD2 of the corresponding spectral signal element FIO1,

FIO2 is evaluated. The input-side control signal L1, L2 is then a linear function F of this second-order moment SOMD1, SOMD2. In the case of root means square value detectors, the input-side control signal L1, L2 is a square-root function F of this second-order moment SOMD1, SOMD2 of this spectral signal element FIO1, FIO2. Peak value detectors or similar devices may possibly also be used, especially if the spectral signal element FIO1, FIO2 is essentially at a signal frequency whose peak value, in this case as well, is at least approximately a square root function F of the power, that is to say of this second-order moment SOMD1, SOMD2 of this spectral signal element FIO1, FIO2. The input-side control signals L1, L2 are passed to regulators RG1, RG2, whose output signals are used as output-side control signals SD1, SD2 for driving the controllable polarizing element SUB in the separator/detector SD, in this case the polarization transformer PT contained in it. The regulators RG1, RG2 are designed such that the input-side control signals L1, L2 assume minimum magnitudes, that is to say minimum interference INT1, INT2 is indicated between the optical signal elements OS1 and OS2. This ensures optimum receiver operation.

The signal processing module DR, according to the invention and as already described, of the receiver RX in Figure 3 can also be embodied by means of a further variant of the invention illustrated in Figure 5. This is possible in situations in which a separator/detector SD with a controllable polarizing element SUB is provided, which on the output side emits signal components OUT1, OUT2 which correspond at least approximately to orthogonal components of the signal elements OS1, OS2 passed to it, that is to say, for example, which has a controllable polarization transformer PT followed by a polarization beam splitter

as a fixed polarizing element EPBS, as shown in Figure 4. Since the interference INT1, INT2 and - if the same frequency bands are chosen - the spectral signal elements FIO1, FIO2 as well are then always in  
5 antiphase in the two

receiver paths - assuming that the electrical signal polarities of the receiver paths are the same - the difference between the first and second signals, EDV1, EDV2, which are in the form of first and second detected signals ED1, ED2, respectively, and can be processed, is processed respectively as further detected signals ED1-ED2 and, at the same time, as a further signal EDV12 which can be processed, in a first subtractor SUBED12 for situations such as this, in Figure 5. This is supplied to a filter LED12, which is designed in the same way as the filters LED1, LED2 and allows a further spectral signal element FIO12 to pass. This is supplied to a detector DET12, which is designed in the same way as the detectors DET1, DET2 and uses the signal element to produce a further input-side control signal L12 which, for example, is identical to the second-order moment SOMD12 of this further spectral signal element FIO12. This may be followed by a low-pass filter LPF12, designed in the same way as the low-pass filters LPF1, LPF2. A regulator RG produces output-side control signals ST1 and, possibly ST2. This is designed such that the input-side control signal L12 supplied to it is minimized, so that the interference INT1, INT2 is thus also minimized. In principle, a single further filter LED12 will be sufficient to produce the input signal for the single detector DET12; however, since broadband subtractors SUBED12 are costly, it is generally better to provide filters LED1 and LED2 first of all at the inputs of a correspondingly relatively narrowband first subtractor SUBED12 and, possibly, nevertheless a further filter LED12 at its outputs, which, when cascaded with the respective filter LED1 or LED2, produces the desired spectral form of the difference between the detected signals ED1, ED2.

The regulators RG1, RG2, RG in Figures 3 and 5 preferably operate on the basis of a lock-in method and preferably have integral or proportional-integral control elements. The regulators RG1, RG2, RG may, 5 possibly, also be omitted, so that one input-side control signal L1, L2, L12 is at the same time used as the output-side control signal ST1, ST2.

Both the input-side control signals L1, L2, L12 and the output-side controls signals ST1, ST2 of the regulators RG1, RG2, RG are control signals L1, L2, L12, ST1, ST2. If the optical frequency modulation FM is produced by -

5 preferably sinusoidal - direct modulation of a semiconductor laser, the optical signal elements OS1, OS2 have not only the desired differential phase modulation DPM produced by optical frequency modulation FM and having a shift ETA (which in the following text is

10 regarded as the peak shift in radians), but also undesirable amplitude modulation. This is not dependent on the polarization states chosen at the receiver end, and thus makes it harder to set the polarizations in controllable polarizing elements, SUB, SUB1, SUB2, in

15 particular in controllable polarization transformers PT, PT1, PT2. In cases such as this, it may be worthwhile evaluating multiples  $n \cdot OM$ , for example  $n = 2, 3, 4, \dots$ , of the modulation frequency OM.

20 At least in the case of sinusoidal frequency modulation FM, the amplitudes of even ( $n = 0, 2, 4, \dots$ ) and odd ( $n = 1, 3, 5, \dots$ ) multiples  $n \cdot OM$  of the modulation frequency OM, detected at the receiver end, are proportional to the cosine and sine, respectively, of steady-state difference phase angle EPS, which is

25 sensitively dependent on the magnitude of the delay time difference  $|DT1-DT2|$  between the optical delay times DT1, DT2.

30 However, according to the invention, it is possible to evaluate at least one even multiple of the modulation frequency OM, and at least one odd multiple of the modulation frequency OM, at the same time. Provided the filter or filters LED1, LED2, LED12 are designed in a

35 suitable manner, the respective filter output power is a second-order moment SOMD1, SOMD2, SOMD12, and the input-side control signals L1, L2, L12 is/are thus also

proportional to  $\cos^2(\text{EPS}) + \sin^2(\text{EPS}) = 1$ , that is to say independent of the steady-state difference phase angle EPS. LOMn is assumed to be a power transmission factor for the multiple  $n \cdot \text{OM}$ . In a first such example,  
5 the modulation frequency OM, corresponding to the Bessel line J<sub>n</sub>,

is an n-th order Bessel function of the first kind, and twice the modulation frequency  $2*\Omega M$ , corresponding to the Bessel line J2, are passed through filters LED1, LED2, LED12, and the detectors DET1, DET2, DET12 are power detectors or root mean square value detectors.

5  $LOM1 \cdot J1(\text{ETA})^2$  is set to be  $LOM2 \cdot J2(\text{ETA})^2$ , and is achieved, at least approximately, for example, by  $|J1(\text{ETA})| = |J2(\text{ETA})|$  where  $\text{ETA} = 2.63$  and  $LOM1=LOM2$ .

The further refinement of the principle of the invention on which this embodiment is based is that the detected - or even the detectable, provided the detection process is independent of frequency - first power PEVEN or second power PODD, which is measured by detection of only even or only odd multiples of the 10 modulation frequency  $\Omega M$  in the input-side control signal L1, L2, L12, has a sum PEVEN+PODD which is independent of the steady-state difference phase angle EPS. It also has the same expected values.

15 20 Further exemplary embodiments based on this principle are described below:

It is possible for the modulation shift ETA to be subjected to fluctuations over the course of time, for 25 example due to aging of the laser. In order, nevertheless, to make it possible to keep the detection process independent of the difference phase angle EPS, to a first approximation, the input-side control signals L1, L2, L12 must, to a first approximation, be 30 independent of the modulation shift ETA. This is achieved, for example, by means of filters LED1, LED2, LED12, which are in the form of bandpass filters and each pass the modulation frequency  $\Omega M$ , twice this frequency  $2*\Omega M$ , and three times this frequency  $3*\Omega M$ . 35 The power transmission factor values required to do

this are at least approximately  $LOM1=0.72852*LOM2$  and  $LOM3=1.6036*LOM2$ , and ETA is chosen to be at least approximately 3.0542.

- 5 As mentioned above, detection using the single modulation frequency OM may result in problems, so that it may be

better to carry out the detection process at  $2*\text{OM}$ ,  $3*\text{OM}$ ,  $4*\text{OM}$  instead. The power transmission function values required in this case are at least approximately  $\text{LOM}2=0.64066*\text{LOM}3$  and  $\text{LOM}4=1.3205*\text{LOM}3$  and  $\text{ETA}$  is  
5 chosen to be at least approximately 4.2011. Those power transmission factors which have not been mentioned, that is to say in the present example  $\text{LOM}0$ ,  $\text{LOM}1$ ,  $\text{LOM}5$ ,  $\text{LOM}6$ ,  $\text{LOM}7$ , ... for frequencies 0,  $\text{OM}$ ,  $5*\text{OM}$ ,  $7*\text{OM}$ , ..., are in each case assumed to be at least approximately  
10 equal to zero.

If amplitude modulation also occurs in addition to the optical frequency modulation FM, the required power transmission factors  $\text{LOM}n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) may differ from the values quoted above, to be precise with the  
15 difference increasing with the level of amplitude modulation.

It can be difficult to design bandpass filters such as these. In a further refinement of the invention, a  
20 number of filters, or else individual filters  $\text{LEDOM}n$ , which are preferably in the form of bandpass filters, can be provided for frequencies  $n*\text{OM}$ , since these signals are mathematically orthogonal at the frequencies  $n*\text{OM}$ , so that their individual power levels  
25 can be added directly, without any cross-power terms. These filters  $\text{LEDOM}n$  each have a detector  $\text{DETOM}n$  connected to them, preferably in the form of a power measurement device. One embodiment such as this of the elements illustrated in Figures 3 and 5, namely filters  
30  $\text{LED}1$ ,  $\text{LED}2$ ,  $\text{LED}12$ , detectors  $\text{DET}1$ ,  $\text{DET}2$ ,  $\text{DET}12$  and low-pass filters  $\text{LPF}1$ ,  $\text{LPF}2$ ,  $\text{LPF}12$ , which can be combined to form filter units  $\text{FE}1$ ,  $\text{FE}2$ ,  $\text{FE}12$ , is shown in Figure 8. Here, in a corresponding way to that in the last exemplary embodiment,  $n = 2, 3, 4$ , but it is likewise  
35 possible to select different values of  $n$ . The filter unit  $\text{FE}12$ , which is implemented as an alternative in Figure 8, may also include the subtractor unit  $\text{SE}$  in

which case linear function blocks can be shifted or split in accordance with the commutative or distributive law.

- 5 The splitting is carried out on filters LEDOM<sub>n</sub> where n is an integer. The output signals from these filters LEDOM<sub>n</sub> are spectral signal elements FIOOM<sub>n</sub> where n is an integer, and are essentially composed of spectral components at the frequencies n\*OM. These

spectral signal elements FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer, are passed to detectors DETOM<sub>n</sub>, where n is an integer. The power transmission factors LOM<sub>n</sub> are each obtained by multiplication of the power transmission factor of a filter LEDOM<sub>n</sub> by that of a weight G<sub>n</sub>, which is part of the associated detector DETOM<sub>n</sub>, or is downstream from it. The weight G<sub>n</sub> may be provided from a potentiometer.

5 At the latest after the weighting by the weight G<sub>n</sub>, a second-order moment SOM<sub>n</sub> is obtained in each case, where n is an integer, namely the power of the spectral signal element FIOOM<sub>n</sub>. This second-order moment SOM<sub>n</sub> is added to the respective power transmission factor LOM<sub>n</sub> in an adder ADD. In this case, according to the invention, a first power PEVEN of at least one spectral component where n is even, and a second power PODD of at least one spectral component where n is odd, are added. The desired input-side control signal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> or L<sub>12</sub> is produced at the output of the adder ADD and, possibly, after passing through a low-pass filter LPF<sub>1</sub>,

10 LPF<sub>2</sub>, LPF<sub>12</sub>, in a corresponding way to the exemplary embodiments of filter units FE<sub>1</sub>, FE<sub>2</sub> or FE<sub>12</sub> in Figures 3 or 5, which, according to the invention, is once again independent of the steady-state difference phase angle EPS and, to a first approximation, is independent of the modulation shift ETA, since it is a constant sum PEVEN+PODD of the first power PEVEN of even spectral components, and of the second power PODD of odd spectral components.

15

20

25

The input-side control signal L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>12</sub> is a function F of the second-order moment SOM<sub>n</sub> of these spectral signal elements FIOOM<sub>n</sub>, which is linear, namely the weighted sum of the individual power levels of these spectral signal elements FIOOM<sub>n</sub>. Detection and addition may also be interchanged. In this case, the detectors DETOM<sub>n</sub> and possibly weights G<sub>n</sub> in Figure 8 must be

30

35

replaced by through-links while a detector DET1, DET2,  
DET12 which was not required until now in Figure 8 and  
could therefore be replaced by a through-link until now  
and which is a power or a root mean square value  
5 detector, is provided downstream from the adder ADD.

In practice, it is advantageous for the filter units FE1, FE2, FE12 according to Figure 8 or parts of Figures 3 and 5 to be provided by digital signal processing using a microprocessor. This microprocessor  
5 may also provide the regulators RG, RG1, RG, or parts of them.

Further variations of the principle of the invention are feasible by providing different time profiles for  
10 differential phase modulation, DPM between the two optical signal elements OS1, OS2. Such time profiles are preferably designed such that an input-side control signal L1, L2, L12 is as independent as possible of the amplitude of the differential phase modulation DPM or  
15 of optical frequency modulation FM, which produces the phase modulation, in a transmission laser LA.

In practice, sinusoidal current modulation as a frequency modulation signal FMS for a transmission laser LA in any case results in non-sinusoidal  
20 frequency modulation FM and hence also in non-sinusoidal differential phase modulation DBM between the optical signal elements OS1, OS2. There is thus also no pure Bessel spectrum in the detected signals ED1, ED2; in particular, the modulation frequency OM is  
25 generally strongly represented. In order, in contrast to the situation described above, for there to be no need to change their higher harmonics  $n \cdot OM$ , for example up to  $n = 4$ , suitable second-order moments SOMn of the spectral signal elements DETOMn and/or possibly mixed  
30 second-order moments SOMmn, where m, n are integers, may be defined between them.

Figure 9 once again shows a filter unit FE1, FE2, FE12, to which a detected signal ED1, ED2, ED1-ED2 is passed. A filter LED with a downstream detector DET is  
35 provided, which is in the form of a microprocessor

with an input-side analogue/digital converter. This detector DET is used to calculate the Fourier components relating to the modulation frequency OM and twice this frequency  $2 \cdot OM$ , as spectral signal elements 5 FIOOM1, FIOOM2, which can be carried out as filtering in filters LEDOM1, LEDOM2, which are in the form bandpass filters,

within a filter LED. Owing to the formation of the mixed second-order moment SOM12, the two spectral signal elements FIOOM1, FIOOM2 have preferably already had removed from them their delay time, which results  
5 from the fact that the formation of the Fourier coefficients does not necessarily coincide in time with the oscillation of the frequency modulation FM. If, for example, a Fourier component FIOOM1 of the spectral signal element at the modulation frequency OM has a  
10 complex phase vector, then all the determined Fourier components FIOOM1, FIOOM2, ... FIOOMn are multiplied by the 1st, 2nd, .. n-th power of the complex conjugate of this phase vector, in accordance with the shift rule for Fourier transformation. A weighted sum of the  
15 second-order moment SOM1, SOM2, SOM12 of these two spectral signal elements FIOOM1, FIOOM2 and of the mixed second-order moment is formed between these two spectral signal elements FIOOM1, FIOOM2, and is used as the input-side control signal L1, L2, L12. The weights  
20 used in this case are at the same time the corresponding power transmission factors LOM1, SOM2, LOM12 of these second-order moments SOM1, SOM2, SOM12. They are chosen to produce an input-side control signal L1, L2, L12 which is independent of the steady-state  
25 difference phase angle EPS. This can be done by inversion of a 3x3 matrix.

If a pure Bessel spectrum is present, the power transmission factor LOM12 of the mixed second-order moment SOM12 is chosen to be equal to zero and, as  
30 mentioned above,  $LOM1 \cdot J1(\text{ETA})^2$  is set to be  $LOM2 \cdot J2(\text{ETA})^2$ , as is achieved, at least approximately, for example, by means of  $|J1(\text{ETA})| = |J2(\text{ETA})|$  where ETA = 2.63 and LOM1 = LOM2. In practice, in contrast, the distortion which occurs in the optical frequency  
35 modulation FM generally means that a power transmission factor LOM12 other than zero is required for the mixed second-order moment SOM12 and this may even be negative or complex.

As an extension to this exemplary embodiment, in addition to said spectral signal elements FIOOM1, FIOOM2, further

- spectral signal elements  $FIOOM_n$ , second-order moments  $SOM_n$  relating to them and all the possible mixed second-order moments  $SOM_{mn}$ , where  $m, n$  are integers, may be formed between in each case one spectral signal element  $FIOOM_m$  and another spectral signal element  $FIOOM_n$  and, weighted with weights, may be added to form an input-side control signal  $L_1, L_2, L_{12}$ , so that this results in an input-side control signal  $L_1, L_2, L_{12}$  which is independent of the steady-state difference phase angle  $\text{EPS}$ . Optical weights, which also take account of the signal-to-noise ratios in the individual spectral signal elements  $FIOOM_n$ , can be determined here, for example, by linear programming using the simplex method. This relates in particular to the spectral signal element  $FIOOM_3$  at three times  $3*OM$  the modulation frequency  $OM$  as well as to the spectral signal element  $FIOOM_0$ , which represents a DC signal and may have a constant offset, at zero times  $0*OM$  the modulation frequency  $OM$ .
- In order to obtain an uncorrupted input-side control signal  $L_1, L_2, L_{12}$  despite any parasitic amplitude modulation which may be present, those essentially constant components of the spectral signal elements  $FIOOM_1$  and, possibly,  $FIOOM_2, FIOOM_3, \dots$ , which are caused by this amplitude modulation can be subtracted before further processing of these spectral signal elements  $FIOOM_1$ , and, possibly,  $FIOOM_1, FIOOM_3, \dots$ .
- Reduced orthogonality in the received optical signal elements  $OS_1, OS_2$  can occur by non-ideal multiplexing at the transmission end, in the transmission-end polarization beam splitter PBSS, or as a result of polarization-dependent attenuation or amplification in the optical waveguide LWL. As shown in Figure 6 and Figure 7, it is advantageous in cases such as these to provide a further controllable polarizing element

SUB1, SUB2 in each case, with power splitting being provided by means of a receiver-end power splitter TE, which may be part of the further controllable polarizing elements SUB1, SUB2, or

may be upstream of them. In Figure 7, these further controllable polarizing elements SUB1, SUB2 are further controllable polarization transformers PT1, PT2. These contain in each case one further input-side 5 polarization transformer PMDC1, PMDC2, which is designed to be suitable for PMD compensation, and is referred to as PMD compensator, which is controlled by in each case at least one output-side control signal STW1, STW2, which is designed to control it, and in 10 each case one output-side polarization transformer SPT1, SPT2, which is downstream from it in the propagation direction of the optical signals OS1, OS2 and is controlled by in each case at least one control signal ST1, ST2, which is designed to control it. 15 Instead of or in addition to these further input-side polarization transformers PMDC1, PMDC2, which are designed to be suitable for PMD compensation, it is possible, upstream of the receiver-end power splitter TE, to use the first input-side polarization 20 transformer PMDC, which is designed to be suitable for PMD compensation. These further controllable polarization transformers PT1, PT2 are followed by a respective downstream further, first and second fixed polarizing element EPBS1, EPBS2, which may be in the 25 form of polarization beam splitters or polarizers. The further controllable polarizing elements SUB1, SUB2, or parts of them, may once again be integrated on the substrates. The input-side polarization transformers PMDC, PMDC1, PMDC2 may initially not be present and may 30 be replaced by through-links, so that the input EI of the separator/detector SD is connected directly to the receiver-end power splitter TE. The polarization matching processes which are achieved according to the invention by the exemplary embodiment shown in Figure 7 35 are sketched in Figure 6, for linear polarization situations. The received optical signal elements OS1, OS2 are, in this example, not polarized orthogonally

with respect to one another. The first signal component OUT1, which is transmitted by the first fixed polarizing element EPBS1, is, however, in this case orthogonal to the second optical signal element OS2, and the second signal component OUT2, which is

transmitted by the second fixed polarizing element EPBS2, is in this case orthogonal to the first optical signal element OS1. In order to achieve the settings shown in Figure 6, it is preferable to use the refinement of the signal processing module DR shown in Figure 3.

Depending on the way in which the differential phase modulation DPM is produced between optical signal elements OS1 and OS2, the signal processing module DR and, in particular, the filters LED1, LED2, LED12 and the detectors DET1, DET2, DET12 may be varied to an even greater extent. Yet, when the magnitude of the delay time difference between the optical delay times DT1, DT2 is  $|DT1-DT2|$ , the optical frequency modulation FM is not used, and the differential phase modulation DPM is produced by natural frequency fluctuations of the transmission lasers LA, then the filters LED1, LED2 LED12 should be designed such that major parts of the resultant interference spectrum, which generally extends over a number of MHz, are passed through. If, as is shown in Figure 1, angle modulators PHMO1, PHMO2 or a differential angle modulator PHMO12 is or are used, and this or these is or are in the form of frequency shifter or differential frequency shifter, or if, as is shown in Figure 2, optical transmitters TX1, TX2 at different frequencies are used, then the filters LED1, LED2, LED12 must be matched to the resultant difference frequency FD between the optical signal elements OS1 and OS2. Acoustooptical and electrooptical components, for example, may be used as frequency shifters or differential frequency shifters. As an alternative to this, phase modulators or a differential phase modulator may be used as angle modulators PHMO1, PHMO2 or as a differential angle modulator PHMO12, and this or these is or are driven so as to produce differential phase modulation DPM, which is at least partially linear as a function of time, and with the

time derivative of the differential modulation phase being  $2\pi$  times the frequency difference FD. These are, for example, phase modulators based on the Serrodyne principle, with a sawtooth phase shift.

- If the angle modulators PHMO1, PHMO2 or the differential angle modulator PHMO12 are or is in the form of phase modulators or a differential phase modulator with sinusoidal differential phase modulation 5 DPM, this in contrast results in a Bessel spectrum, as in the case of sinusoidal optical frequency modulation FM, whose detection has already been considered further above.
- 10 Finally, signals which are used for checking and, possibly, for slow readjustment or deliberate pre-emphasis of the transmission-end polarization orthogonality, can be obtained by measuring the power levels of the detected signals ED1, ED2 or by reading 15 the residual component, which remains despite the stabilization of the polarization transformer PT, of the further regulator input signal L12, which is obtained from the difference between the first detected signal ED1 and the second detected signal ED2. This 20 allows the transmission system to be optimized such that, for example, polarization-dependent attenuation in the optical waveguide not only does not lead to any crosstalk, but also does not lead to any adverse affect on one of the optical signal elements OS1, OS2 in 25 comparison to the other.
- In addition, for example by applying further optical frequency modulation, or by using natural optical frequency modulation contained in the spectrum of the transmission laser LA, for example at a frequency other 30 than the modulation frequency OM, or by evaluation of the regulator signals, it is possible to obtain information which, for example, allows adaptive control of the modulation shift ETA or of power transmission factors LOMn.
- 35 In an arrangement as shown in Figure 9, it is particularly advantageous to determine the expected values of a number of moments, or of all the moments,

SOM<sub>1</sub>, SOM<sub>2</sub>, ..., SOM<sub>n</sub>, SOM<sub>12</sub>, ... SOM<sub>mn</sub> that occur in the spectral signal elements FIOOM<sub>n</sub> where n is an integer. Specifically, this allows the modulation shift ETA to be calculated. The frequency modulation signal FMS, and hence the optical frequency modulation FM can be set on the transmission laser LA by means of a return channel, so as to achieve an optimum signal-to-noise

ratio for the regulator input signal L1, L2, L12 that is obtained. Slow thermal frequency modulation of a transmission laser A that is formed by a semiconductor is suitable, for example, as additional frequency 5 modulation to allow the formation of these expected values.

Overall, the previous exemplary embodiment of the invention preferably relates to the adjustment of an 10 output-side polarization transformer SPT, SPT1, SPT2, which cannot compensate, or can compensate only to a minor extent, for any polarization mode dispersion which may occur. The following exemplary embodiments of the invention preferably relate, in contrast, to the 15 adjustment of an input-side polarization transformer PMDC, PMDC1, PMDC2, which is suitable for PMD compensation. The optical complexity is minimized if the control signals for the PMD compensator PMDC in Figure 4 or the PMD compensators PMDC1 and PMDC2 in 20 Figure 7 are derived from the first and second detected signal ED1, ED2. This is done, for example, by simple electrical spectral analysis; attenuation of high-frequency signal components indicates uncompensated PMD, and can be avoided by suitable adjustment of an 25 input-side polarization transformer PMDC, PMDC1, PMDC2. In one advantageous refinement of the invention, the receiver RX as shown in Figure 10, may have a further signal processing module DRW instead of the signal processing module DR or, preferably, in addition to it. 30 On the input side, the further signal processing module receives the detected signals ED1, ED2 which are passed to a respective first correlation input EIME11, EIME21 of a correlating element ME1, ME2. The data output signal DD2, DD1, which is obtained from the respective 35 other detected signals ED2, ED1, is passed to a respective second correlation input EIME12, EIME22 of the correlating elements ME1, ME2. A further signal EDW1, EDW2, which

is in the form of a correlation signal and can be processed, is produced by a respective output of the correlating element ME1, ME2. These further signals EDW1, EDW2, which can be processed, are passed to  
5 further filter

units FEW1, FEW2, which are designed in the same way as the abovementioned filter units FE1, FE2, FE12. On the output side, these filter units FE1, FE2, FE12 emit further input-side control signals, LW1, LW2, which are 5 passed to further regulators, RGW1, RGW2, which are designed in the same way as the abovementioned regulators RG1, RG2. On the output side, these further regulators RGW1, RGW2 emit further control signals, STW1, STW2 for controlling the input-side polarization 10 transformers PMDC1, PMDC2, PMDC.

The further signal processing module DRW in the receiver RX in Figure 10 may be in the form of a further variant of the invention, as shown in Figure 11. This is preferably possible in situations in which 15 there is only one common input-side polarization transformer PMDC. Analogously to Figure 5, an additional signal EDW12, which is in the form of a correlation signal and can be processed, is produced from the further signals EDW1, EDW2, which are in the form of 20 correlation signals and can be processed, by means of a further subtractor SUBEDW. This signal EDW12 is passed to a further filter unit FEW12, which may be designed in the same way as the filter units FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2. On the output side, this emits a further 25 input-side control signal LW12, which is supplied to a further regulator RDW which can be designed in the same way as the regulators RG1, RG2, RG, RG1, RG2 and emits the further output-side control signal STW1, STW2. The correlating elements ME1, ME2 and the further 30 subtractor SUBEDW which is connected to its outputs can be combined to form a correlating subtraction unit SEW, although this may also be designed differently.

Figure 14 shows an example of a different embodiment of 35 the correlating subtraction unit SEW. The detected signals ED1, ED2 are subtracted in a further subtractor SUBEDW12, which in principle can be designed in the

same way as the first subtractor SUBED12 but, owing to  
the subsequent correlation, should be designed to have  
a sufficiently broad bandwidth, so that a further  
detected signal ED1-ED2 is produced. This is passed to  
5 a first input EIME1 of a further correlating

element ME12, which can be designed in the same way as the correlating elements ME1, ME2. The data output signals DD2, DD1 are subtracted in an additional subtractor SUBDD21, so that this results in a further 5 data output signal DD2-DD1, which preferably has three values if the data output signals DD2, DD1 have two values. This further data output signals DD2-DD1 is passed to a second input EIME2 of the further correlating element ME12. At its output, the further 10 correlating element ME12 emits the additional signal EDW12, which is in the form of a correlation signal and can be processed.

The design for a correlating element ME1, ME2, ME12 is 15 shown in Figure 12. The detected signal ED1, ED2, ED1-ED2, which contains the interference INT1, INT2, is passed via the first correlation input EIME11, EIME21, EIME1 to a first switching element input EISE1 of a switching element SEE which is preferably in the form 20 of a multiplier. Those components of the interference INT1, INT2 which are to be added to the polarization mode dispersion are preferably produced at the transitions of adjacent information bits in the transmission-end modulation signals SDD1, SDD2, to be 25 precise with polarities which depend on the direction of these transitions. Thus, in an advantageous refinement of the principle according to the invention, the received and regenerated data output signal DD2, DD1, which is obtained from the respective other 30 detected signal ED2, ED1, is first of all passed to a spectral forming element SF, via the second correlation input EIME12, EIME22. In the case of the further correlating element ME12, the further data output signal DD2-DD1 is passed, instead of this, to the 35 corresponding second correlation input EIME2. The spectral forming element SF has a further subtractor SUBME, to whose two inputs the respective data output signal DD2, DD1, DD2-DD1 is applied directly, or after being delayed by a delay

element DEL. At its output, which is also one output of the spectral forming element SF, this further subtractor SUBME emits a spectrally formed signal DDSF2, DDSF1, DDSF, which is passed to a second

switching element input EISE2 of the switching element SEE. The spectral forming element SF in this exemplary embodiment forms, as the spectrally formed signal DDSF2, DDSF1, DDSF at least approximately a time derivative of the respective data output signal DD2, DD1, DD2-DD1, that is to say this corresponds to high-pass filtering. The delay element DEL may be designed to have a fixed or a variable delay time. A suitable delay time is, for example, a short time, for example of one bit period or less of a transmission-end modulation signal SDD1, SDD2, if distortion is intended to be detected by means of short differential delay times, or longer delay times, which are equivalent to or exceed one, or even a number, of these bit periods, if distortion is intended to be detected by means of longer differential delay times. Since the respective data output signal DD2, DD1, DD2-DD1 is a digital signal, the delay element DEL may likewise operate in a digital manner, in particular preferably in binary form if the data output signal DD2, DD1 is binary. For better signal forming, it may, for example, be in the form of a D-flipflop DFF, which is controlled by one flank of a clock signal CL which is supplied. A chain comprising a number of D-flipflops is also feasible, in order to extend the delay time of the delay element DEL. In the case of a three-value data output signal DD2-DD1 on the other hand, an analogue version of the delay element DEL is preferable, for example in the form of a delay line. Since the data output signal DD2, DD1, DD2-DD1 which is supplied to the correlating element ME1, ME2, ME12 is obtained from the respective detected signal ED2, ED1, ED1-ED2, this is generally delayed only by the unavoidable delay time of the digital receiver or receivers D2, D1 and, since it is further delayed in the spectral forming element SF, in the example in Figure 12 by, on average, half the delay time of the delay element DEL, it is normally

necessary to carry out a delay time adjustment process between the signals arriving at the first switching element input EISE1 and the second switching element input EISE2 of the switching element SEE. This can be  
5 done by means of a further delay element DDEL,

which delays the respective detected signal ED1, ED2, ED1-ED2 or preferably before it is passed onto the switching element SEE. The switching element SEE, and hence the correlating element ME1, ME2, ME12 emits, on 5 the output side, the signal EDW1, EDW2, EDW12, which is in the form of a correlation signal and can be processed.

Alternative refinements of the invention may in each case have a number of correlating elements for the 10 detection of each of those components of the interferences INT1, INT2 which indicates the polarization mode dispersion and/or may be spectral forming elements SF in the form of fixed or variable high-pass, bandpass or low-pass filters.

15 One advantageous practical refinement of the correlating element ME1, ME2, which is particularly suitable when binary data output signals DD2, DD1 are present, is shown in Figure 13. The power supply is 20 provided by a supply voltage U+. The respective detected signal ED1, ED2 is in differential form. After passing through the further delay element DDEL, which, for example, comprises two delay lines DDEL1, DDEL2 of equal length, the signal is passed to two differential 25 amplifiers DF1, DF2, which are connected in parallel, with opposite polarities, on the input and output sides. These differential amplifiers DF1, DF2 amplify the respective differential input signal, provided one of two currents I1, I2, which are produced from 30 preferably identical constant current sources, flows through them. However, a first switching transistor TT1 provides a discharge path for the first current I1 when its base is supplied with a data output signal DD2, DD1 - which requires a positive level for this method of 35 operation here - which is obtained from the respective other detected signal ED2, ED1. A second switching transistor TT2 provides a discharge path for

the second current I2, when its base is supplied with  
this data output signal DD2, DD1, which was previously  
delayed in the delay element DEL and is obtained from  
the respective other detected signal ED2, ED1 of the  
5 first and second

detected signals ED1, ED2. As the difference voltage between preferably identical resistors, R1, R2, the further signal EDW1, EDW2, which is in the form of a correlation signal and can be processed, is produced as  
5 the differential output voltage from the parallel-connected differential amplifiers DF1, DF2. A capacitor C, which is fitted between the parallel-connected outputs of the differential amplifiers DF1, DF2, is already used as a low-pass filter, which, at least  
10 partially, represents the filter LED1, LED2. In Figure 13, the further subtractor SUBME, the switching element SEE and the filter LED1, LED2 which is at least partially formed by the capacitor C cannot be separated from one another, which advantageously leads to reduced  
15 complexity, and the capability to process a higher data rate.

The principle of the invention can be varied by omitting the spectral forming element SF, by the  
20 switching element SEE being other than in the form of a multiplier, by it [lacuna] at its second input a signal DDSF2, DDSF1, which is not obtained, or is obtained not only, from that data output signal DD2, DD1 which is obtained from the respective other detected signal ED2,  
25 ED1, but, for example, is also [lacuna] from that data output signal DD1, DD2 which is obtained from the detected signal ED1, ED2 supplied to the first input of the switching element, and/or at least one detected signal ED1, ED2. Such an example has already been given  
30 by the version of the correlating subtraction unit SEW illustrated in Figure 14.

The example embodiments of the invention illustrated in Figures 10 to 14 are based, to the extent described so far, on the data output signals DD1, DD2 which are taken from the digital receivers D1, D2 corresponding  
35 to the transmission-end modulation signals SDD1, SDD2.

However, particularly if the input-side polarization  
transformers PMDC, PMDC1, PMDC2 are set incorrectly, it  
is possible for this not to be true, for example  
because the detected signals ED1, ED2 do not on the one  
5 hand

correspond approximately to the transmission-end modulation signals SDD1, SDD2, or because the detected signals ED1, ED2 both each correspond to that transmission-end modulation signal SDD1, SDD2. In order 5 to preclude situations such as this, the further regulator RGW1, RGW2, RGW can vary the further output-side control signals STW1, STW2 when cases such as this occur such that the input-side polarization transformer or transformers PMDC1, PMDC2, PMDC is or are changed to 10 different states. This can also result in the necessity to at the same time vary the output-side control signals, ST1, ST2 emitted from the regulators RG1, RG2, RG. This is continued in a systematic or random manner until at least one, but preferably both, of the data 15 output signals DD1, DD2 obtained from the digital receivers D1, D2 corresponds or correspond at least approximately to the respective transmission-end modulation signals, SDD1, SDD2. Alternatively or in addition to this, further methods can be used for 20 determining distortion, referred to as PMD distortion, caused by polarization mode dispersion. Distortion analyzers DANA1, DANA2, to which the detected signals ED1, ED2 are supplied, are provided for this purpose in Figure 10. The distortion analyzers DANA1, DANA2 25 determine, for example by means of one or more high-pass or bandpass filters, spectral components of the detected signals, which can also be added up, and can be passed to the further regulator RGW1, RGW2, RGW as in each case at least one distortion signal SDANA1, 30 SDANA2. A reduction in particular in the high-frequency spectral components of the detected signals ED1, ED2 indicates incorrect adjustment of the input-side polarization transformer or transformers PMDC, PMDC1, PMDC2, so that it or they can be set by the further 35 regulator RGW1, RGW2, RGW so as to avoid PMD distortion. This type of method, which is used here only as an auxiliary method, to compensate for polarization

mode dispersion is admittedly already known in principle, for example from European Patent Application EP 0 909 045 A2 and from IEEE J. Lightwave Technology, 17 (1999) 9, pages 1602-1616; however, the novel feature  
5 here is its application to

polarization-multiplexed signals. As soon as at least one, but preferably both, of the data output signals DD1, DD2 which are obtained from the digital receivers D1, D2 corresponds or corresponds at least approximately to the respective transmission-end modulation signals SDD1, SDD2, the regulator RGW1, RGW2, RGW switches over, so that, according to the invention, the input-side control signal LW1, LW2, LW, which is likewise supplied to it and results from detection of interference INT1, INT2, is used to obtain the output-side control signal or signals STW1, STW2. If a further output-side control signal SDW1, SDW2 changes, the polarization transformation of an input-side polarization transformer PMDC, PMDC1, PMDC2 is changed. This generally also requires readjustment of one of the output-side polarization transformers SPT, SPT1, SPT2. In order to carry out this readjustment as quickly as possible, the further regulators RGW1, RGW2 in Figure 10, and the further regulator RGW in Figure 11, each form an information transmission signal ITS1, ITS2, ITS in the further signal processing module DRW. In the signal processing module DRW, this signal is in each case supplied to the regulators RG1, RG2 in Figure 3 and to the regulator RG in Figure 5, which regulators use these information transmission signals ITS1, ITS2, ITS to change the output-side control signals STW1, STW2 emitted by them, in order to readjust the output-side polarization transformers SPT, SPT1, SPT2.

The essence of the invention is always to detect any interference INT1, INT2 which occurs in the two optical signal elements OS1, OS2. The invention is therefore suitable for all operational situations in which such interference INT1, INT2 occurs. This includes the non-return-to-zero signal format, or NRZ for short. It also relates to the return-to-zero signal format, RZ for

short, where RZ pulses of the two polarization-multiplexed channels overlap. If these occur alternately, so that there is always one RZ pulse in one channel between two adjacent RZ pulses in the other channel,  
5 there is, however, no interference provided the pulse duration is in each case shorter than half the symbol duration. Nevertheless, the

invention can itself be used usefully in these situations, to be precise for controlling a PMD compensator, which produces the advantageous, interference-free state.

## Patent Claims

1. An arrangement for optical information transmission having differently polarized optical signal elements (OS1, OS2), having a controllable polarizing element (SUB) which, on the output side, emits at least one of these optical signal elements (OS1, OS2), characterized in that at least one signal processing module (DR, DRW) is provided, which detects any interference (INT1, INT2) which occurs between these optical signal elements (OS1, OS2), and uses this to form at least one control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2), which is used to control this controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2).

2. The arrangement as claimed in claim 1, characterized in that the signal processing module (DR, DRW) has at least one regulator (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW) which, at its input, has at least one control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), which is an input-side control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), and, at its output, has at least one control signal (ST1, ST2, STW1, STW2), which is an output-side control signal (ST1, ST2, STW1, STW2), and passes this to the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2).

3. The arrangement as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2) has a controllable polarization transformer (PT, PT1, PT2), which is followed by a fixed polarizing element (EPBS, EPBS1, EPBS2).

35

4. The arrangement as claimed in claim 3, characterized

in that the controllable polarization transformer (PT, PT1, PT2) has an input-side polarization transformer (PMDC, PMDC1, PMDC2), which is designed to be suitable for PMD compensation and is followed by an output-side 5 polarization transformer (SPT, SPT1, SPT2).

5. The arrangement as claimed in one of claims 1 to 4, characterized in that a phase-difference-modulating means (PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML) is 10 provided, which produces differential phase modulation (DPM) between optical signal elements (OS1, OS2).

6. The arrangement as claimed in claim 5, characterized in that the phase-difference-modulating 15 means (PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PDM0, PDML) produces the differential phase modulation (DPM) such that the input-side control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) is designed to be at least approximately independent of a steady-state difference phase angle (EPS) between 20 these optical signal elements (OS1, OS2).

7. The arrangement as claimed in claim 5 or 6, characterized in that the phase-difference-modulating means (PDM0) produces frequency modulation (FM) on a 25 transmission laser (LA), which frequency modulation (FM) produces the differential phase modulation (DPM) between these optical signal elements (OS1, OS2) on the basis of the magnitude of any delay time difference ( $|DT1-DT2|$ ) between the splitting of the optical signal 30 from the transmission laser (LA) in a transmission-end power splitter (PMC) and combination with orthogonal polarizations of the optical signal elements (OS1, OS2) formed in this way.

35 8. The arrangement as claimed in one of claims 1 to 7, characterized

in that the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2) is followed by at least one photodetector (PD11, PD21) to the input side of which a signal component (OUT1, OUT2) is supplied which is emitted on the output 5 side from the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2), and which produces at least one detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2), in which this interference (INT1, INT2) is manifested.

10 9. The arrangement as claimed in claim 8, characterized in that a filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOM<sub>n</sub>, where n is an integer) is provided in the signal processing module (DR, DRW) and passes at least one spectral signal element (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOM<sub>n</sub>, 15 where n is an integer), of at least one signal (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) which can be processed and is produced from the detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2).

20 10. The arrangement as claimed in claim 8 or 9, characterized in that this signal processing module (DR, DRW) contains a detector (DET1, DET2, DET12, DET, DETOM<sub>m</sub>, DETOM<sub>mn</sub>, where m, n are integers) which at least partially provides the input-side control signal 25 (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), which is at least approximately a function (F), which is preferably a linear function or a square root function, of at least one second-order moment (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOM<sub>n</sub>, SOM<sub>mn</sub>, where m, n are integers) of at least one 30 spectral signal element (FI01, FI02, FIO12, FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer).

11. The arrangement as claimed in claim 10, characterized in that the detector (DET, DETOM12, 35 DETOM<sub>mn</sub>, where m, n are integers) produces a second-order moment (SOM12, SOM<sub>mn</sub>, where m, n are integers), which is in mixed form, of two different

spectral signal elements (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, where n is an integer).

12. The arrangement as claimed in claim 10 or 11,  
5 characterized in that the detector (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn) produces a second-order moment (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn, where m, n are integers) of a spectral component (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, where n is an integer) which is a measure of  
10 the power of the spectral component (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, where n is an integer).

13. The arrangement as claimed in one of claims 9 to  
12, characterized in that the filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn, where n is an integer) passes a  
15 Fourier coefficient of the signal (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12), which can be processed, as a spectral signal element (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn where n is an integer), in which case delay time  
20 compensation can be carried out before the formation of second moments (SOM12, SOMmn, where m, n are integers) in mixed form.

14. The arrangement as claimed in one of claims 9 to  
25 13, characterized in that the signal processing module (DR) processes a signal (EDV1, EDV2, EDV12) which is in the form of a detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2) and can be processed, and emits an output-side control signal (ST1, ST2) which drives the output-side  
30 polarization transformer (SPT, SPT1, SPT2).

15. The arrangement as claimed in one of claims 9 to  
13, characterized in that the signal processing module (DRW) has a correlating element (ME1, ME2, ME12), which  
35 correlates the detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2) with at least one spectral component of at least one data output signal (DD1, DD2),

and emits a signal (EDW1, EDW2, EDW12) which is in the form of a correlation signal and can be processed, in that the signal processing module (DRW) processes this signal (EDW1, EDW2, EDW12), which is in the form 5 of a correlation signal and can be processed, and emits an output-side control signal (STW1, STW2), which drives the input-side polarization transformer (PMDC, PMDC1, PMDC2).

10 16. A method for optical information transmission using differently polarized optical signal elements (OS1, OS2), and using a controllable polarizing element (SUB) which, on the output side, has at least one of these optical signal elements (OS1, OS2), characterized 15 in that any interference (INT1, INT2) which occurs between these optical signal elements (OS1, OS2) is detected, and in that at least one control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2) is formed from this by means of at least one signal processing 20 module (DR, DRW), and is used to control this controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2).

17. The method as claimed in claim 16, characterized in that at least one control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12), which is an input-side control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) for a regulator (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW), is supplied to an input of the regulator (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW), and in that 25 at least one control signal (ST1, ST2, STW1, STW2) is emitted from the regulator (RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW), this being an output-side control signal (ST1, ST2, STW1, STW2), and is supplied to the controllable 30 polarization element (SUB, SUB1, SUB2).

35 18. The method as claimed in one of claims 16 or 17, characterized

in that the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2) is a fixed polarizing element (EPBS, EPBS1, EPBS2) with a controllable polarization transformer (PT, PT1, PT2) following it.

5

19. The method as claimed in claim 18, characterized in that the controllable polarization transformer (PT, PT1, PT2) is a polarization transformer which is designed to be more suitable for PMD compensation and 10 has a downstream output-side polarization transformer (SPT, SPT1, SPT2).

20. The method as claimed in one of claims 16 to 19, characterized in that differential phase modulation 15 (DPM) is produced between the optical signal elements (OS1, OS2).

21. The method as claimed in claim 20, characterized in that the differential phase modulation (DPM) is 20 produced at the start of information transmission.

22. The method as claimed in claim 21, characterized in that the differential phase modulation (DPM) is carried out such that the input-side control signal 25 (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) is formed at least approximately independently of any steady-state difference phase angle (EPS) between these optical signal elements (OS1, OS2).

30 23. The method as claimed in one of claims 20 to 22, characterized in that frequency modulation (FM) is produced for a transmission laser (LA) which frequency modulation (FM) produces the differential phase modulation (DPM) between the optical signal elements 35 (OS1, OS2) on the basis of the magnitude of any delay time difference ( $|DT1-DT2|$ ) between the splitting of

the optical signal from the transmission laser (LA) in a transmission-end power splitter (PMC) and combination with orthogonal polarizations of these optical signal elements (OS1, OS2) formed in this way.

5

24. The method as claimed in one of claims 16 to 23, characterized in that the controllable polarizing element (SUB, SUB1, SUB2), which emits at least one signal component (OUT1, OUT2), is followed by at least 10 one photodetector (PD11, PD21) for each signal component (OUT1, OUT2) with this photodetector (PD11, PD21) producing a detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2), in which the interference (INT1, INT2) is manifested.

15 25. The method as claimed in claim 24, characterized in that at least one spectral signal element (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, where n is an integer) of at least one signal (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12) which can be processed and is produced from the detected 20 signal (ED1, ED2, ED1-ED2) is passed by a filter (LED1, LED2, LED12, LED, LEDOMn, where n is an integer).

25 26. The method as claimed in claim 24 or 25, characterized in that the input-side control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) is supplied at least partially to a detector (DET1, DET2, DET12, DET, DETOMn, DETOMmn, where m, n are integers), which forms the input-side control signal (L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12) such that it is at least approximately a function 30 (F), which is preferably a linear function or square root function, of at least one second-order moment (SOM2, SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOMn, SOMmn, where m, n are integers) of at least one spectral signal element (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn, where n is an integer).

27. The method as claimed in claim 26, characterized in that a second-order moment (SOM12, SOM<sub>m</sub>n, where m, n are integers), in mixed form, is produced from two different spectral signal elements (FIO1, FIO2, FIO12, 5 FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer) by the detector (DET, DETOM12, DETOM<sub>m</sub>n, where m, n are integers).

28. The method as claimed in Claim 26 or 27, characterized in that a second-order moment (SOM2, 10 SOM4, SOM3, SOM1, SOM12, SOM<sub>m</sub>, SOM<sub>m</sub>n, where m, n are integers) of a spectral component (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer) is produced by the detector (DET1, DET2, DET12, DET, DETOM<sub>n</sub>), and is a measure of the power of the spectral component (FIO1, 15 FIO2, FIO12, FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer).

29. The method as claimed in Claims 25 to 28, characterized in that a Fourier coefficient of this signal (EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12), which 20 can be processed, is used as the spectral signal element (FIO1, FIO2, FIO12, FIOOM<sub>n</sub>, where n is an integer) of this detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2), with delay time compensation being carried out before the formation as second moments (SOM12, SOM<sub>m</sub>n, where 25 m, n are integers) in mixed form.

30. The method as claimed in one of Claims 25 to 29, characterized in that a signal (EDV1, EDV2, EDV12), which is the form of a detected signal (ED1, ED2, ED1- 30 ED2) and is processed in the signal processing module (DR), which emits an output-side control signal (ST1, ST2) which drives the output-side polarization transformer (SPT, SPT1, SPT2).

31. The method as claimed in one of Claims 25 to 29, characterized in that the detected signal (ED1, ED2, ED1-ED2) is correlated, by means of a correlating element (ME1, ME2, ME12) in the signal processing module (DRW), with at least one spectral component of at least one data output signal (DD1, DD2), characterized in that a signal (EDW1, EDW2, EDW12), which is produced during the correlation process, is in the form of a correlation signal and can be processed, 5 is processed by the signal processing module (DRW), and in that an output-side control signal (STW1, STW2), which is produced during the processing, drives the input-side polarization transformer (PMDC, PMDC1, 10 PMDC2).

**Abstract**

**Arrangement and method for optical information transmission**

In this arrangement and in the associated method, interference (INT1, INT2), which occurs on the input side for differently polarized optical signal elements (OS1, OS2), between these optical signal elements (OS1, OS2) is detected, a control signal (L1, L2, L12) is formed from it and is used to control a polarization transformer with the downstream fixed polarizing element.

**Figure 3**

## List of reference symbols

LA	Transmission laser
FM	Optical frequency modulation
FMS	Frequency modulation signal
PMC	Transmission-end power splitter
MO1, MO2	Modulators
SDD1, SDD2	Transmission-end modulation signals
DD1, DD2, DD2-DD1	Data output signals
OS1, OS2	Optical signal elements
PDM1, PDM2, PDM12, PDM21, PFM0, PDML	Phase-difference-modulating means
PHMO1, PHMO2	Angle modulator
PBSS	Transmission-end polarization beam splitter
PHMO12	Differential angle modulator
DPM	Differential phase modulation
FD	Frequency difference
DT1, DT2	Delay times
DT1-DT2	Magnitude of the delay time difference
TX1, TX2	Optical transmitters
LWL	Optical waveguide
RX	Receiver
EI	Input
SD	Separator/detector
L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12, ST1, ST2, STW1, STW2	Control signals
L1, L2, L12, LW1, LW2, LW12	Input-side control signals
ST1, ST2, STW1, STW2	Output-side control signals
RG1, RG2, RG, RGW1, RGW2, RGW	Regulator
ED1, ED2, ED1-ED2	Detected signals
EDV1, EDV2, EDV12, EDW1, EDW2, EDW12	Signals which

can be processed

D1, D2

Digital receiver

DR, DRW

Signal processing module

LED1, LED2, LED12, LEDOMn (n = 0, 1, 2, ...) Filter

FIO1, FIO2, FIO12, FIOOMn

Spectral signal elements

SUBED12, SUBME, SUBEDW, SUBEDW12, SUBDD21	
	Subtractor
DET1, DET2, DET12, DETOMn, DETOMmn (m, n = 0, 1, 2, ...)	Detector
LPF1, LPF2, LPF12	Low-pass filter
PD11, PD21	Photodetectors
EPBS, EPBS1, EPBS2	Fixed polarizing elements
PT, PT1, PT2	Controllable polarization transformers
PMDC, PMDC1, PMDC2	Input-side polarization transformers, PMD compensators
SPT, SPT1, SPT2	Output-side polarization transformers
SUB, SUB1, SUB2	Controllable polarizing elements
OUT1, OUT2	Signal components
TE	Receiver-end power splitter
x, y	Coordinates for horizontal/vertical polarization
FE1, FE2, FE12, FEW1, FEW2, FEW12	Filter unit
OM	Modulation frequency
n*OM (n = 0, 1, 2, ...)	Multiples of the modulation frequency
LOMn	Power transmission factors
Gn	Weights
SOMn, SOMmn	Second-order moments
F	Function
ADD	Adder
SE	Subtractor unit
PEVEN	First power
PODD	Second power
PEVEN+PODD	Sum of PEVEN and PODD
ME1, ME2, ME12	Correlating elements
EIME11, EIME21, EIME1, EIME12, EIME22, EIME2	Correlation inputs
SEW	Correlating subtraction unit
SEE	Switching element

EISE1, EISE2

Switching element inputs

DEL, DDEL

Delay elements

CL

Clock signal

DFF	D-Flipflop
DF1, DF2	Differential amplifiers
TT1, TT2	Switching transistors
I1, I2	Currents
R1, R2	Resistors
C	Capacitor
U+	Supply voltage
DANA1, DANA2	Distortion analyzers
SDANA1, SDANA2	Distortion signals

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inform 1st Application No /DE 00/03066													
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H04J14/06													
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC													
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04J													
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched													
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC													
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 15%;">Category</th> <th style="text-align: left;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;">A</td> <td>           EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE &amp; TELEGRAPH) 6 October 1993 (1993-10-06)            abstract            page 2, line 9 - line 55            page 3, line 33 -page 4, line 9         </td> <td style="text-align: center;">1,16</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">A</td> <td>           HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS"            PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH,            SEV,            vol. CONF. 19,            12 September 1993 (1993-09-12), pages 401-404, XP000492247            cited in the application            abstract            Kapitel I, II und III         </td> <td style="text-align: center;">1,16</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; padding-top: 10px;">-/-</td> </tr> </tbody> </table>		Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 6 October 1993 (1993-10-06) abstract page 2, line 9 - line 55 page 3, line 33 -page 4, line 9	1,16	A	HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH, SEV, vol. CONF. 19, 12 September 1993 (1993-09-12), pages 401-404, XP000492247 cited in the application abstract Kapitel I, II und III	1,16	-/-		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.											
A	EP 0 564 167 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 6 October 1993 (1993-10-06) abstract page 2, line 9 - line 55 page 3, line 33 -page 4, line 9	1,16											
A	HEISMANN F ET AL: "AUTOMATIC POLARIZATION DEMULTIPLEXER FOR POLARIZATION-MULTIPLEXED TRANSMISSION SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH, SEV, vol. CONF. 19, 12 September 1993 (1993-09-12), pages 401-404, XP000492247 cited in the application abstract Kapitel I, II und III	1,16											
-/-													
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.													
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.													
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed													
*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *8* document member of the same patent family													
Date of the actual completion of the international search <b>25 January 2001</b>													
Date of mailing of the international search report <b>31/01/2001</b>													
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax (+31-70) 340-3016													
Authorized officer <b>Chauvet, C</b>													

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Intell. Int'l Application No.

PCT/DE 00/03066

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 062 153 A (TURPIN MARC ET AL) 29 October 1991 (1991-10-29) abstract column 2, line 4 -column 4, line 12	1,16

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

Intern. Appl. No.

CT/DE 00/03066

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
EP 0564167	A 06-10-1993	US	5388088 A		07-02-1995
		DE	69328645 D		21-06-2000
		DE	69328645 T		11-01-2001
		JP	6075138 A		18-03-1994
US 5062153	A 29-10-1991	FR	2647560 A		30-11-1990
		DE	69008034 D		19-05-1994
		DE	69008034 T		04-08-1994
		EP	0399861 A		28-11-1990